

Nationale Technische Universität der Ukraine
„Kiewer Polytechnisches Institut“

Gemeinsame Ukrainisch-Deutsche Fakultät für
Maschinenbau

**Zweite Studentenkonferenz zur Präsentation von
Jahres- und Abschlussarbeiten**

24. und 25. Mai 2016

Kiew, 2016

Zusammenfassung der Masterarbeiten des 6. Studienjahres

Denys Kaplunenko – Die Mikrostrukturausbildung und die Eigenschaften gerichtet erstarrter ternär-eutektischer Legierungen auf Mo-Si-B-Basis

Yurii Kobylinskyi – Eigenspannungsanalyse und Reduzierung der Eigenspannungen in gerichtet erstarrter eutektischer B₄C-TiB₂-Legierung

Anatolii Novokhatskyi – Realisierung einer werkzeugseitigen Schnittkraftmessung im Honprozess

Olha Popovych – Modellierung des Kriechverhaltens von Ni-Basis und Mo-Si-B-Legierungen am Beispiel einer Turbinenschaufel

Anastasiia Zvorykina – Untersuchungen zur Herstellung von Stahl-Aluminium-Verbindungen durch das kombinierte Ultraschall- und Widerstandspunktschweißen

UDK: 621.762.5:548.5

Denys Kaplunenko, Betreuer: Y. Bohomol, G. Hasemann, M. Krüger.

DIE MIKROSTRUKTURAUSBILDUNG UND DIE EIGENSCHAFTEN GERICHTET ERSTARRTER TERNÄR-EUTEKTISCHER LEGIERUNGEN AUF MO-SI-B-BASIS

Die vorliegende Arbeit beschäftigt sich mit dem Thema der Mikrostrukturausbildung und den Eigenschaften gerichtet erstarrter ternär-eutektischer Mo-Si-B-Legierungen. Die untersuchten Legierungen wurden mittels gerichteter Erstarrung mit und ohne Rotation hergestellt und auf ihre Oxidations- und Kriechbeständigkeit getestet.

Die Rasterelektronenmikroskopie hat gezeigt, dass die Rotation bei den Proben während der Herstellung bei der Ausbildung der Mikrostruktur eine Rolle spielt. Es wurde keine besondere Mikrostrukturorientierung bei den rotierten Proben im Vergleich zu nichtrotierten Proben bemerkt, wo die Gefügeorientierung klar gezeigt ist. In allen Legierungen wurden ternär-eutektische Bereiche beobachtet. Die Analyse des Oxidationsverhaltens zeigte, dass die untersuchten Legierungen bei unterschiedlichen Temperaturregimen ganz unterschiedliche Oxidationsbeständigkeiten haben. Bei einer Temperatur von 800°C hatten alle Legierungen sehr große Massenverluste, was die Unmöglichkeit der Verwendung von konkret diesen Legierungen in einem solchen Temperaturbereich aufzeigt. Um dieses Problem zu lösen, sind die Suche nach einer Legierung mit passender chemischer Zusammensetzung und ein neues Herstellungsverfahren nötig. Im Vergleich dazu haben alle diese Legierungen, außer Mo-17,5Si-8B, ausgezeichnete Oxidationsbeständigkeiten bei einer Temperatur von 1100°C, auch noch nach 100 Stunden Gesamtoxidationszeit unter zyklischer Auslagerungsbedingung. Diese Proben werden aktuell noch weiter in diesem Temperaturbereich untersucht und ausgelagert. Die Erforschung der Oxidationsschicht auf der Probenoberfläche hat einen deutlichen Zusammenhang zwischen dem Massenverlust während der Oxidation und der Schutzschichtdicke ergeben. Auf diese Weise haben die lichtbogengeschmolzenen Proben Mo-17,5Si-8B mit einer relativ dünnen Oxidschutzschicht ein sehr gutes Oxidationsverhalten bei 1100°C gezeigt. Andere Proben, zum Beispiel die gerichtet erstarrte Mo-17,5Si-10B-Legierung, die auch ein ausgezeichnetes Oxidationsverhalten hat, haben aber eine relativ dicke Schutzschicht. Eine Erklärung dafür ist der Unterschied in der Mikrostruktur. Die Untersuchung des Kriechverhaltens zeigte, dass die Rotation der Probe während der Herstellung keine besondere Wirkung auf die Kriecheigenschaften hat. Die ermittelten Kriechgeschwindigkeiten stimmen sehr gut mit anderen Mo-Si-B-Legierungen aus der Literatur überein. Diese Resultate sind eindeutig besser als das Kriechverhalten von Ni-Basislegierungen, was wiederum das große Potenzial des Mo-Si-B-Systems zeigt.

Zieht man Bilanz, kommt man zu dem Ergebnis, dass die Rotation der ZM-Stäbe einen Einfluss auf die Legierungseigenschaften hat. Die Rotation hatte keine Wirkung auf die Kriechseigenschaften, aber der Unterschied in der Mikrostruktur beweist, dass dieser Einfluss noch zu erwarten ist. Die Ergebnisse von Initial-Untersuchungen könnten ein Interesse auf weitere Untersuchungen bei längeren Oxidations- und Kriechzeiten wecken.

UDK: 621.762.5:548.5

Yurii Kobylinskyi, Betreuer: V. Bolbut, M. Scheffler, I. Bogomol, P. Loboda.

EIGENSPANNUNGSANALYSE UND REDUZIERUNG DER EIGENSPANNUNGEN IN GERICHTET ERSTARRTER EUTEKTISCHER B_4C - TiB_2 -LEGIERUNG

In der vorliegenden Arbeit wurde der gerichtet erstarrte, eutektische Verbundwerkstoff B_4C TiB_2 auf das Auftreten von Eigenspannungen untersucht. Dazu wurden zunächst die kristallinen Phasen und die Mikrostruktur charakterisiert, eine Wärmebehandlung in inerter Atmosphäre durchgeführt und Phasen und Mikrostruktur erneut charakterisiert. Als wichtigste Werkzeuge wurden die Rasterelektronenmikroskopie, die Raman-Mikroskopie und die Röntgendiffraktometrie eingesetzt. Die Mikrostrukturanalysen zeigten, dass es sich beim B_4C - TiB_2 um einen faserverstärkten Verbundwerkstoff mit orientierten, parallel angeordneten Mikrofasern handelt. B_4C bildet die Matrix-, TiB_2 die Verstärkungs(Faser-)Phase. Die Wärmebehandlung bei 1400°C beeinflusste die Mikrostruktur nicht: es waren weder Änderungen der Faserorientierung noch Änderungen der Durchmesser erkennbar.

Die Analyse der röntgendiffraktometrischen Daten zeigte hingegen ein anderes Bild: für die meisten der untersuchten Netzebenen ergaben sich deutliche Reflexverschiebungen mit den entsprechenden Änderungen der Eigenspannungen. Dabei traten Reduzierungen der Eigenspannungen (Ebenen (101) und (104) von B_4C , (110)-Ebene von TiB_2) ebenso auf wie eine Umkehr von Eigenspannungen (Ebene (003) von B_4C und (100) von TiB_2).

Die Raman-Spektroskopie lässt uns wegen der zurzeit nichtuntersuchten piezospektroskopischen Eigenschaften von Borcarbid Eigenspannungen nicht berechnen. Aber es gibt eine Möglichkeit, eine grobe Schätzung von im Werkstoff liegenden Spannungen durchzuführen. Die experimentell bestimmten Reflexlagen von B_4C vor und nach der WB wurden mit Reflexlagen des spannungsfreien Werkstoffs verglichen. Als Ergebnis wurden Reflexverschiebungen beobachtet, die proportional zu Eigenspannungen sind. Es wurde bestimmt, dass die Reflexverschiebungen nach der WB deutlich vermindert wurden, was die Eigenspannungsreduzierung beweist und röntgendiffraktometrische Daten bestätigt.

Die Wärmebehandlung beeinflusste neben den Eigenspannungen erwartungsgemäß die mechanischen Eigenschaften. Überraschend war, dass die Biegefestigkeit, die Bruchzähigkeit und die Mikrohärtigkeit nach der Wärmebehandlung jeweils deutlich niedrigere Werte aufwiesen, als vor der Wärmebehandlung. Während die Härteabnahme im Bereich um 10 % lag, wurde bei der Biegefestigkeit eine Abnahme um zwei Drittel des ursprünglichen Wertes festgestellt. Diese Ergebnisse verwunderten zunächst, konnten aber mit der Ausbildung von Mikrorissen erklärt werden.

Zusammenfassend wird folgendes festgehalten: Die Wärmebehandlung stellt eine Möglichkeit zum Abbau der Eigenspannungen in B_4C - TiB_2 -Verbundkeramiken dar. Damit geht jedoch eine Degradation der mechanischen Eigenschaften einher, die die Verwendung dieser Keramiken stark einschränkt.

UDK: 8.05050201

Anatolii Novokhatskyi, Betreuer: E. Puchowskyi, B. Karpuschewski, K. Risse.

REALISIERUNG EINER WERKZEUGSEITIGEN SCHNITTKRAFTMESSUNG IM HONPROZESS

Die Bearbeitung von Bohrungen ist ein wichtiger Bearbeitungsschritt, insbesondere in der Automobilindustrie. Bohrungen können in Durchmesser und Form, von größeren Kolbenbohrungen in Motorzylindern bis zu ziemlich kleinen Bohrungen in Kraftstoffeinspritzsystemen, variieren. Qualitätsparameter für diese Bohrungen sind form- und geometrische Genauigkeit sowie Oberflächenrauheit und Struktur. Alle Anforderungen lassen sich wirtschaftlich mit dem Honen als Endbearbeitungsvorgang für vorgefertigte Bohrungen erfüllen. Für eine Regelung des Prozesses, die hohe Prozessstabilität und Reproduzierbarkeit sowie eine gute Qualität der Ergebnisse aus dem ersten Teil ermöglicht, ist es wichtig, die Kräfte im Vorschubsystem des Werkzeugs zu kennen [1]. Die Formfehler im Werkstück, die nach der Honbearbeitung auftreten können (Abb. 1), führen zum Zylinderverschleiß, zur Reduzierung der Lebensdauer und infolgedessen zu einem extremen Ölverbrauch und Motorschaden [2]. Zur Vermeidung dieser Fehler werden Fachmänner und Wissenschaftler beauftragt. Es wurde deutlich gezeigt (Abb. 2), dass diese Probleme existieren und aktuell sind. Deformationen für 10 μm sind in Einzelfällen von entscheidender Bedeutung.

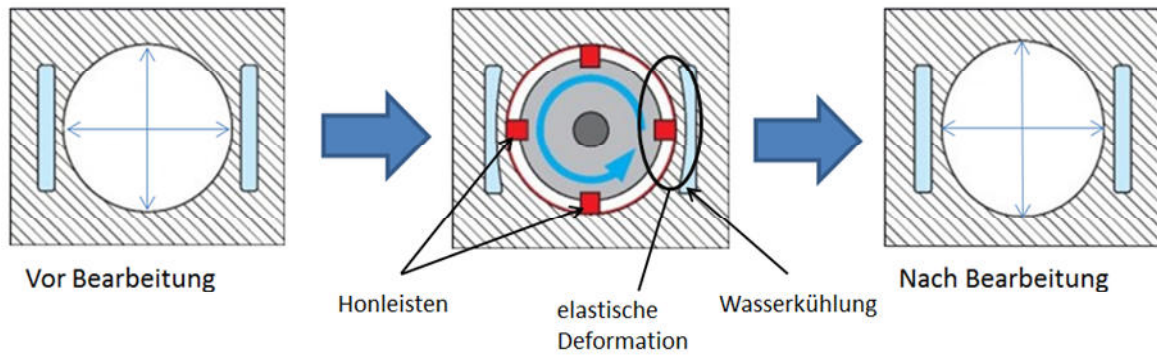


Abbildung 1. Einfluss vom Schnittdruck beim Honen

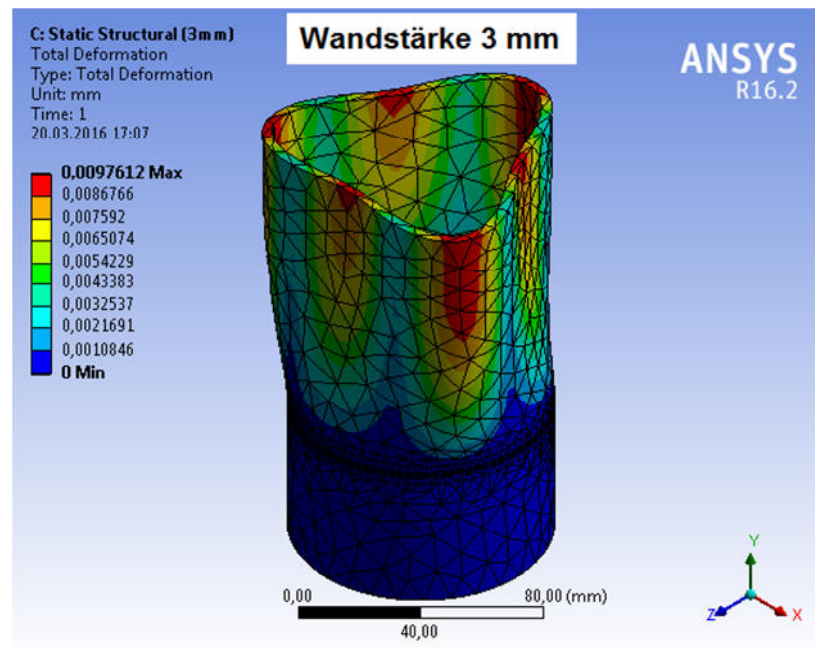


Abbildung 2. Simulation der Anpresswirkung auf die dünnwandigen Werkstücke mittels ANSYS
Viele Versuche [2, 3] wurden bisher durchgeführt, um diese Probleme zu lösen und Bearbeitungsfehler zu vermeiden. Trotzdem werden diese immer wieder auftreten, weshalb andere Ansätze gefunden werden müssen.

Hier wurde ein anderer Ansatz bzw. ein anderes Konzept zur Problemlösung entwickelt. Bisher wurden alle Untersuchungen bauteil- bzw. werkstückseitig durchgeführt. Im Gegensatz dazu, wurde hier eine neue Konzeption entwickelt, die es ermöglicht, eine gleiche Kräftekontrolle bzw. Schnittkraftmessung werkzeugseitig durchzuführen.

In Abbildung 3 wird ein realer Honleistenträger mit realen Größenverhältnissen dargestellt. Das ist ein möglicher Ansatz der werkzeugseitigen Schnittkraftmessung beim Honen. Die Dehnungsmessstreifen (Omega KFH) sind in realen Größenverhältnissen dargestellt, das heißt, diese können ohne Schwierigkeiten darin platziert werden. Es sollten allerdings spezielle Taschen

mit 2 mm Tiefe gefräst werden, um DMS und entsprechende Kabel für die Signalübertragung zu verstecken.

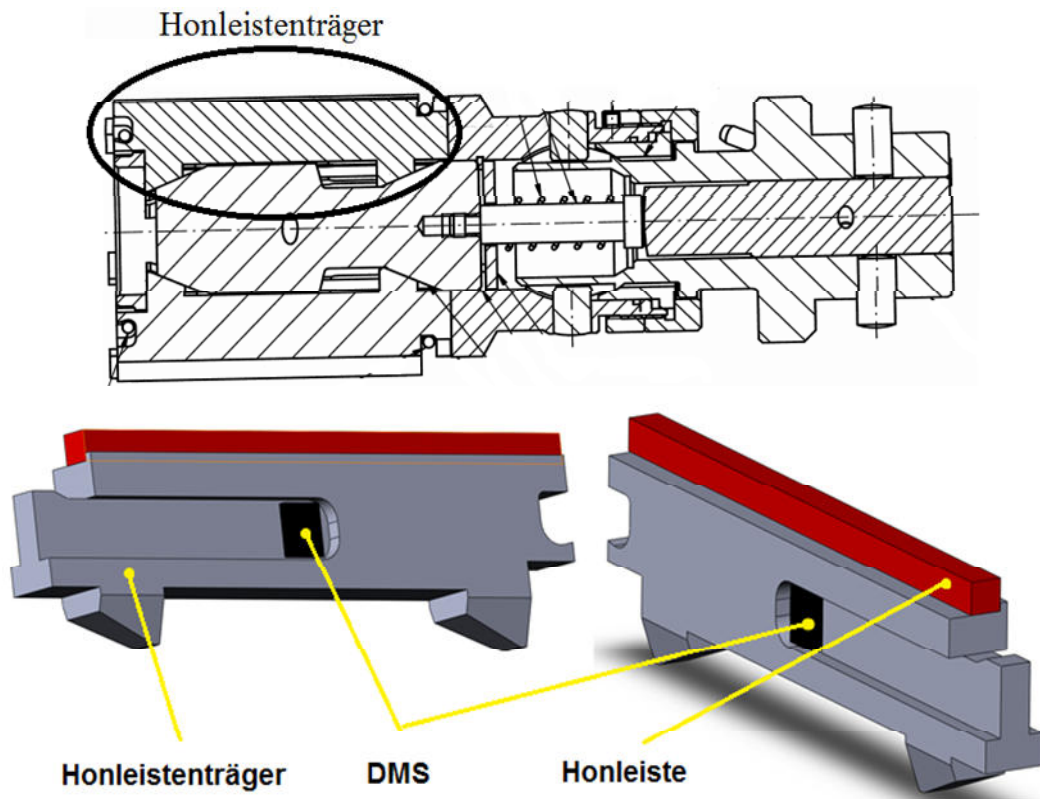


Abbildung 3. Möglicher Einbau des Sensors im realen Honwerkzeug

Quellenverzeichnis

- [1] Paucksch, E.; Holsten, S.; Linß, M. und Tikal, F.: Zerspantechnik: Prozesse, Werkzeuge, Technologien; mit 45 Tabellen, 12. Aufl., Studium, Vieweg + Teubner, Wiesbaden, 2008.
- [2] Karpuschewski, B.; Welzel, F.; Schorgel, M.; Kreter, S. und Risse, K.: Efficiency Increase of Combustion Engines due to Cylinder Liner Surface Engineering, 7th CIRP Conference on High Performance Cutting, 2016.
- [3] Kreter, S.; Schweickert, S. und Karpuschewski, B.: Simulation of Cylinder Deformations during Honing of Thermally Coated Running Surfaces in Crankcases, AMM, 2015.

UDK: 621.762.5:548.5

Olha Popovych, Betreuer: M. Krüger, K. Naumenko, G. Hasemann, Y. Bogomol.

MODELLIERUNG DES KRIECHVERHALTENS VON NI-BASIS UND MO-SI-B- LEGIERUNGEN AM BEISPIEL EINER TURBINENSCHAUFEL

In dieser Arbeit wurde das Kriechverhalten einer Ni-Basis- (CMSX-4) und einer Mo-12Si-8,5B-Legierung durch Modellierung am Beispiel einer Turbinenschaufel betrachtet.

Es wurden die Mikrostruktur, Kornorientierung und chemische Zusammensetzung der monokristallinen Legierung CMSX-4 kontrolliert. Die Probe war in $\langle 100 \rangle$ -Richtung orientiert. Die Mikrostruktur besteht aus den beiden Phasen γ und γ' , mit einem hohen Anteil der letzten, deren Größe etwa $0,5 \mu\text{m}$ beträgt. Für alle Untersuchungen sowie für die in dieser Arbeit benutzten Kriechversuche [1] wurden Proben benutzt, die aus dem gleichen Stab ausgeschnitten wurden.

Die Mikrostruktur der Legierung Mo-12Si-8,5B besteht aus drei Phasen: der Mo-Mk-Phase und einer Matrix aus Mo_3Si und Mo_5SiB_2 [2, 3]. Diese Legierung liegt in polykristalliner Form vor und ist isotrop.

Die Ausgangsdaten für die Modellierung und Geometrie der Schaufel wurden aus verschiedenen Literaturquellen [1, 3-8] zusammengetragen und je nach Notwendigkeit für das hier genutzte mechanische Berechnungsmodell umgerechnet. Die Berechnungen wurden für beide Materialien bei 1100°C und für Mo-12Si-8,5B zusätzlich bei höheren Temperaturen von 1110 , 1115 , 1150 und 1200°C durchgeführt. Die Ergebnisse haben sehr vorteilhafte Kriecheigenschaften der Mo-12Si-8,5B-Legierung bei 1100°C gezeigt. In der Mo-12Si-8,5B-Legierung entsteht nach simulierten Belastung eine niedrigere Anfangsdehnung, als in der CMSX-4 und sie hat im Vergleich zu CMSX-4 bei 1100°C eine kleinere Kriechgeschwindigkeit bei 1100°C und eine nahezu gleiche bei 1110°C . Über einen Zeitraum von 100h ist die Deformation der CMSX-4 bei 1100°C fast gleich der Deformation der Mo-12Si-8,5B bei 1115°C . Da die Legierung Mo-12Si-8,5B im polykristallinen Zustand ein besseres Kriechverhalten aufweist als die monokristalline Nickel-Basislegierung CMSX-4, erscheint eine Mo-Si-B-Legierung vielversprechend für den Anwendungsbereich als Turbinenschaufel. Eine solche Substitution könnte zur wesentlichen Preisreduzierung der Turbine führen, es sollte aber unbedingt die höhere Dichte dieser Legierung beachtet werden, was eine Gewichtszunahme zur Folge hätte. Es wurde eine grobe Bewertung der Zuverlässigkeit des betrachtenden Modells mit experimentellen Ergebnissen durchgeführt. Für eine genauere Bewertung sind Versuche mit der realen Schaufel nötig. Die benutzten Methoden haben aber bei anderen Werkstoffen eine gute Zuverlässigkeit gezeigt [9-12].

Ein weiterer Schritt in der Entwicklung der Mo-Si-B-Legierungen soll die Entwicklung von gerichtet erstarrten Legierungen sein. Schon viele Forschungen sind in diesem Bereich gemacht worden, aber für die Modellierung des Kriechverhaltens solcher Legierungen fehlen die Daten der Elastizitätskonstanten bei erhöhten Temperaturen. Ein weiterer empfehlenswerter Bereich für weitere Forschungen wäre die Modellierung der Ermüdungslebensdauer und als weiteren Schritt ein Defekt im Bereich der größten Spannung einzufügen und seinen Einfluss auf die Ermüdungslebensdauer zu betrachten. Außerdem wäre das Beachten der Anisotropie sowohl der Eigenschaften als auch der Mikrostruktur sinnvoll.

Quellenverzeichnis

- [1] Hasemann, G.: Daten der Kriechversuche von CMSX-4, die am IWF, OvGU Magdeburg durchgeführt wurden, Persönliches Gespräch, Gebäude 50, Große Steinernetischstr. 6, 39104, Magdeburg, G50-7, 2015.
- [2] Schneibel, J. H.: High temperature strength of Mo–Mo₃Si–Mo₅SiB₂ molybdenum silicides, *Intermetallics*, 2003, Jahrgang: 11 (7), Seite 625–632.
- [3] Biragoni, P. G.: Modelling the influence of microstructure on elastic properties and tensile damage behaviour of Mo-base silicide alloys, Dissertation zur Erlangung des akademischen Grades Doktoringenieur (Dr.-Ing.), Betreuer: Prof. Dr.-Ing. Heilmaier, M.; Prof. Röster, J., Otto-von-Guericke University, Magdeburg, Germany, 2007.
- [4] Schneibel, J. H.; Lin, H. T.: Creep properties of molybdenum silicide intermetallics containing boron, *Materials at High Temperatures*, 2002, Jahrgang: 19 (1), Seite 25–28.
- [5] Faleev, S. V.: Konstrukziya TRDDF AL-31F: Elektronnoe uchebnoe posobie, Samar-skii gosudarstvennyi aerokosmicheskiy universitet, Samara, 2013.
- [6] Atlas detaley i uzlov dvuhkomponentnoho turboreaktivnoho dvihatelya AL-31F (Hg.: Leontev, M. K.), MAI, OAO "NPO "Saturn", Moskva, 2008.
- [7] Siebörger, D.; Knake, H.; Glatzel, U.: Temperature dependence of the elastic moduli of the nickel-base superalloy CMSX-4 and its isolated phases, *Materials Science and Engineering: A*, 2001, Jahrgang: 298 (1-2), Seite 26–33.
- [8] CMSX-4 « Cannon Muskegon, <http://cannonmuskegon.com/cmsx-4/> (03.03.2016).
- [9] Fokin, D. Y.; Semenov, A. S.: Vliyanie anizotropii i polyuchesti materiala na NDS lopatok gazovoi turbiny, XXXIV Nedelya nauki SPbGPU, 2006, Jahrgang: IV, Seite 76–78.
- [10] Sosnin, O. V.: K voprosu o suschestvovanii potentsiala polzuchseti, *AN SSSR Mekha-nika tverdogo*, 1971, Jahrgang: 5, Seite 85–89.
- [11] Nikitenko, A. F.: Eksperimentalnoe obosnovanie gipotezy suschestvovaniya poverk-hnosti polzuchesti v usloviyakh slozhnogo nagruzheniya, *Problemy prochnosti*, 1984 (8), Seite 3–8.
- [12] Oytana, C.; Delobelle, P.; Mermet, A.: Constitutive equations study in biaxial stress experiments, *Trans. ASME. J. Engng Mat. & Techn.*, 1982, Jahrgang: 104 (3), Seite 1–11.

UDK: 621.791

Anastasiia Zvorykina, Betreuer: N. Strelenko.

UNTERSUCHUNGEN ZUR HERSTELLUNG VON STAHL-ALUMINIUM- VERBINDUNGEN DURCH DAS KOMBINIERTES ULTRASCHALL- UND WIDERSTANDSPUNKTSCHWEISSEN

Die Realisierbarkeit der durch Schweißen hergestellten Aluminium-Stahl-Mischverbindungen ist aufgrund der sehr verschiedenen Eigenschaften von Stahl und Aluminium eingeschränkt.

In der Arbeit wurde das kombinierte Ultraschall-Widerstandspunktschweißen zur Realisierung von Stahl-Aluminium-Mischverbindungen untersucht. Dieses Verfahren wurde entwickelt, um entstehende Probleme bzw. intermetallische Phasen beim Verschweißen des Stahls mit Aluminium zu vermeiden. Wegen kurzen und geringen Wärmeeintrags sowohl beim Ultraschallschweißen als auch beim Widerstandspunktschweißen, soll die Entstehung von intermetallischen Phasen ausgeschlossen werden. Außerdem wurde in der Arbeit die Geometrie der Hilfselemente geändert und statt die übliche Schweißeinlage ein drahtförmiges Fügehilfselement eingesetzt. Zudem wurden zwei DE-Werkstoffe miteinander verglichen.

Dieses Verfahren besteht aus zweischrittigen Prozessen und kann dem Widerstandselementschweißen zugeordnet werden, bei dem das Aufbringen der Hilfselemente durch das Ultraschallschweißen verwirklicht wird. In der Arbeit wurde ein drahtförmiges Hilfselement mit zwei unterschiedlichen DE-Werkstoffen eingesetzt und die Herstellbarkeit solcher Verbindungen geprüft. Zunächst wurden ultraschallgeschweißte Verbindungen hergestellt und mittels Scherzugversuch geprüft. Danach wurden die zur Bestimmung geeigneten Schweißbereiche für das Widerstandspunktschweißen mit nachfolgenden Scherzugversuchen durchgeführt, dabei wurde auch die Überlappungslänge variiert. Neben dem Aufstellen von Schweißbereichen ohne Klebstoff wurden sie auch für Verbindungen mit Klebstoffeinsatz verwendet und geprüft. Anschließend wurden entstandene Probleme und Schlussfolgerungen erläutert.

Die Untersuchungsergebnisse im Rahmen dieser Arbeit zeigen, dass das Verbinden von Aluminium-Stahl-Mischverbindungen durch Ultraschall-Widerstandspunktschweißen beim Einsatz drahtförmiger Fügehilfselemente möglich ist. Der gesamte Prozess weist auf eine gute Reproduzierbarkeit und gute Scherzugkraftbelastungen hin, weiterhin sind die beiden Verfahrensprozesse beim Ultraschall-Widerstandspunktschweißprozess sehr schnell und lassen sich gut automatisieren. Zusätzlich stellen eine gute Kombinierbarkeit mit den Klebstoffen und Möglichkeiten der Überlappungsverkürzung für eine industrielle Anwendung ein großes Potenzial dar.

Zusammenfassung der Bachelorarbeiten des 4. Studienjahres

Roman Chekhun – Bestimmung der Arbeitswerte des pneumatischen Antriebs mit freiem Schaft

Roman Halytskyi – Drehkopf des Polierautomats

Andrii Klekov – Gesetzmäßigkeit der Verdichtung der Pulvermaterialien basierend auf Fe – Al

Serhii Kobyshcha – Zum Profilschleifen von Zahnrädern

Nazar Kompaniiets – Verbinden verzinkter Stahl-Feinbleche durch Metallschutzgaslötungen

Oleh Lytvyniuk – Feststellung der Änderungen der Querschnittsform der Schweißnaht und des Wirkungsgrads der Wärmequellen beim WIG Schweißen, Laser- und Hybridschweißen des Baustahls S-235JR

Pavlo Mischchenko – Erweiterung der technologischen Möglichkeiten von Drehmaschinen

Rostyslav Nizinkovskyi – Näherungsverfahren zur Berechnung von Kerbspannungen bei Plastizität mit einer komplizierten Belastungsart

Tetiana Pittsyk – Simulation der dynamischen Angaben vom Laserkreisel

Serhii Tetora – Die Auswirkung der Spannungswerte auf die Langlebigkeit der Strukturelemente für die Aluminiumlegierung Д16Чт ГОСТ 4784-97 nach dem Glattdrücken

Hanna Tsybenko – Zu aktuellen Tendenzen der Ausbreitung von biologisch abbaubaren Polymermaterialien (Übersicht)

Nikita Zylov – Faktoren, die die Effizienz des Gleitschleifens beeinflussen

UDK: 621.9.04

Roman Chekhun, Betreuer: S. Strutynsky.

BESTIMMUNG DER ARBEITSWERTE DES PNEUMATISCHEN ANTRIEBS MIT FREIEM SCHAFT

Ein pneumatischer Antrieb lässt mit richtig ausgewählten Parametern eine hohe Fahrdynamik und Leistung im Vergleich zu ähnlichen Systemen mit elektrischen oder hydraulischen Antrieb zu. Je kleiner die Bewegungszeit der Effektor ist, desto höher ist die Leistung, die das automatische System erzielen kann, weil das ein wichtiger Faktor in der Produktion ist.

Hier wird das Arbeitsprinzip des pneumatischen Antriebs mit freiem Schaft beschrieben und Ergebnisse der dynamischen Berechnungen gezeigt.

Das Konstruktionsmerkmal des Pneumatikzylinders mit freiem Schaft (Figur 1) liegt in der Möglichkeit, den Schaft mit dem Gehäuse mittels des Fixators 1 oder mit dem Kolben mittels des Fixators 2 anzuschließen. Auf dieser Grundlage kann der Effektor Schritt für Schritt nach rechts oder links bewegt werden und eine unbegrenzte Anzahl von Schritten machen. Der Fixator 1 bindet ohne Druckluft in seinem Hohlraum unbeweglich den Schaft und das Gehäuse. Wenn die Druckluft in seinen Hohlraum befördert wird, wird der Schaft freigegeben. Umgekehrt bindet der Fixator 2 unbeweglich den Schaft und Kolben zusammen mit der Druckluft in seinem Hohlraum. Diese Anordnung sichert die Fixierung des Schafts für den Fall, dass der Antrieb nicht an den Druck angeschlossen ist. Die Feder des Hauptzylinders wird für die Übertragung des freien Schafts auf die linke Endstellung bestimmt, um eindeutig die Position des Kolbens zu identifizieren, wenn es keinen Druck im System gibt.

Der pneumatische Antrieb funktioniert auf folgende Weise: Um einen Schritt nach links auf die linke Endstellung des Zylinders zu machen, gibt es die folgenden Teilschritte:

- 1) Der Fixator 2 lässt den Schaft los und den Kolben frei;
- 2) durch den Hauptverteiler wird Druck in den linken Hohlraum des Hauptzylinders eingelassen, der freie Kolben bewegt sich in die rechte Endstellung;
- 3) dann wird der Druck in die Druckkammer des Fixators 2 eingelassen, um Schaft und Kolben zu binden;
- 4) dann wird der Druck in die Druckkammer des Fixators 1 eingelassen, um die Fixierung des Schafts und des Gehäuses zu beenden;
- 5) dem Hauptverteiler wird der Druck in den linken Hohlraum des Hauptzylinders eingelassen und der eingekuppelte Kolben bewegt sich mit dem Schaft in die linke Endstellung;

- 6) danach stoppt die Druckluftzufuhr im Fixator 1, um den Schaft und das Gehäuse zu binden.

Daher kann der sich Effektor, der mit dem Schaft verbunden ist, Schritt für Schritt nach rechts oder links bewegen. Die optimale Anzahl von Schritten wird von der annehmbaren Genauigkeit und Geschwindigkeit des Antriebs definiert, weil bei einer Erhöhung der Genauigkeit die Geschwindigkeit abnimmt, deshalb ist es wichtig, die Betriebszeit zu bestimmen, um diese minimieren zu können.

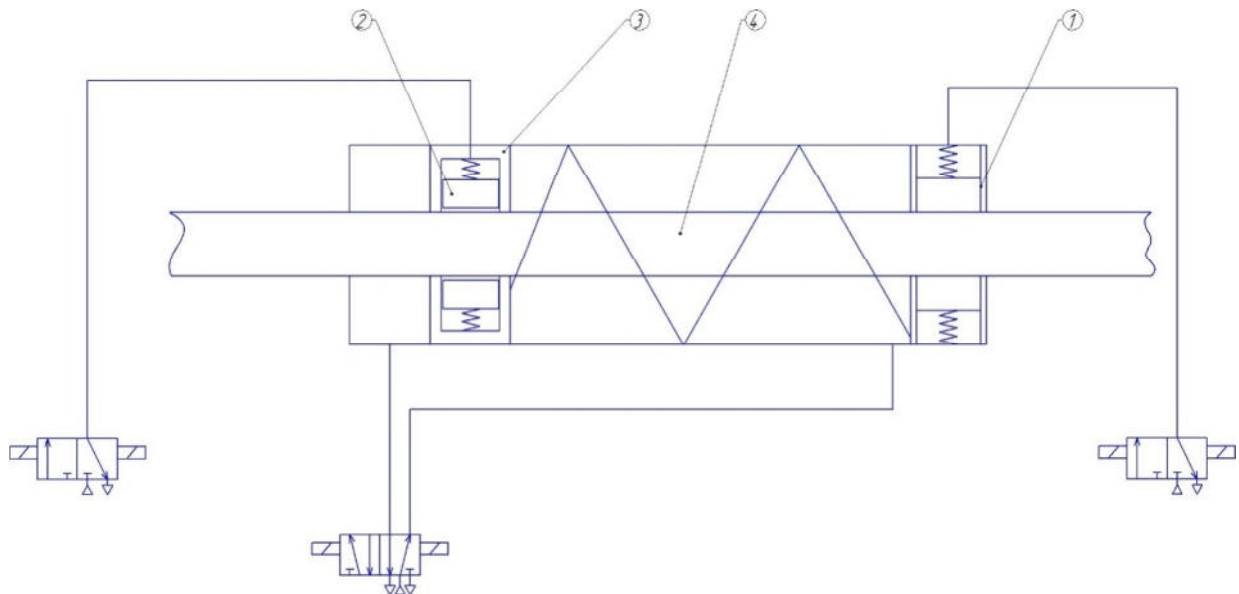


Fig.1. Das Schema des pneumatischen Antriebs mit freiem Schaft.

Die Reaktionszeit wird von einer dynamischen Berechnung des pneumatischen Antriebs und der Fixatoren definiert. Insofern ist das Volumen der Kammer klein, die Konstruktion des Antriebs ebenfalls, deshalb wird eine Berechnung und Auswahl des optimalen Durchmessers der Druckluftleitung durchgeführt, um eine minimale Reaktionszeit zu gewährleisten.

Zur Verwendung des pneumatischen Antriebs werden drei Verteiler und 2 m lange flexible Schläuche mit einem Innendurchmesser von 2 mm oder 4 mm benötigt. Es ist unpraktisch, größere Durchmesser zu verwenden, das haben die Berechnungen gezeigt. Insofern ist der Hub der Fixatoren sehr klein – nur 0,1 mm – und das Volumen der Kammer beträgt 1 cm^3 , deswegen ist die Fahrtzeit vernachlässigbar. Man sollte jedoch die Vorbereitungszeit definieren. Zum Hauptzylinder, dessen Durchmesser der Kolbenstange $d = 30 \text{ mm}$, dessen Kolbendurchmesser $D = 40 \text{ mm}$ und dessen Hub 2 mm ist, wird die Vorbereitungszeit und die Fahrtzeit des Kolbens bestimmt. Die Belastung auf dem Schaft beträgt nicht mehr als 100 N. Die Vorbereitungszeit wird in den folgenden Abhängigkeiten definiert [1]:

$$t_{\text{II}} = t_1 + t_2 + t_3,$$

wo t_1 – die Schaltzeit des Verteilers, $t_1 = 0,025$ s; t_2 – die Laufzeit des Drucks in den Leitungen, $t_2 = 0,0054$ s; t_3 – die Zeit der Druckänderung in den Hohlräumen des Pneumatikzylinders im Moment des Wirkungsbeginns des Kolbens, die durch die Formel [2] definiert wird:

$$t_{han} = 3.62 \cdot 10^{-3} \frac{V_{pmin}}{f_e} [\psi_1(\sigma_p) - \psi_1(\sigma_a)]$$

Die Fahrzeit des Kolbens wird durch die folgende Formel definiert:

$$t_p = 1.03 \cdot 10^{-3} \frac{sD^2}{f_e} \tau_s.$$

wo τ_s – dimensionslose Zeit, f_e – effektive Druckluftleitungsfläche, N – konstruktiver (zusammenfassender) Parameter. Wiederum wird die dimensionslose Zeit durch die folgende Formel definiert:

$$\tau_s = N \sqrt{\frac{2}{1 - \frac{\sigma_a}{\alpha} - \chi}}$$

wo N – konstruktiver (zusammenfassender) Parameter; χ – dimensionslose Belastung, α – das Verhältnis der Fläche des Kolbens im Zylinder, σ_a – dimensionsloser Druck. Die Berechnungen wurden für die zwei Durchmesser (2 mm und 4 mm) im Programm Mathcad durchgeführt. Die Berechnungsergebnisse werden in Tabelle 1 dargestellt. Die Abhängigkeiten werden in den Diagrammen Figur 2 und Figur 3 gezeigt.

Tabelle 1. Die wichtigsten Ergebnisse der Berechnungen.

Der Durchmesser der Pipeline, mm	Die Vorbereitungszeit des Fixators (Füllung), s	Die Vorbereitungszeit des Fixators (Leerung), s	Die Vorbereitungszeit des Zylinders, s	Die Fahrzeit, s	Die Gesamtfahrzeit auf den Schritt 2mm, s
2	0.049398	0.049466	0.049586	0.013729	0.3243
4	0.054201	0.051217	0.054253	0.013729	0.3467

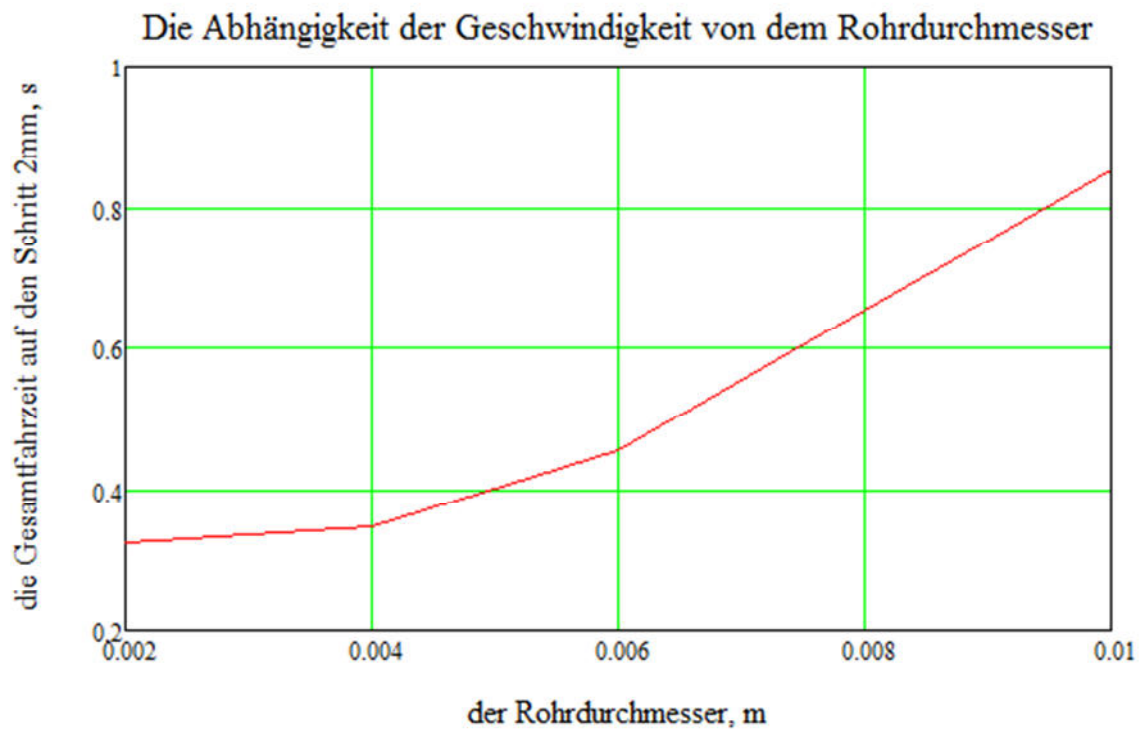


Fig. 2. Die Abhängigkeit der Geschwindigkeit von dem Durchmesser der Rohrleitung.

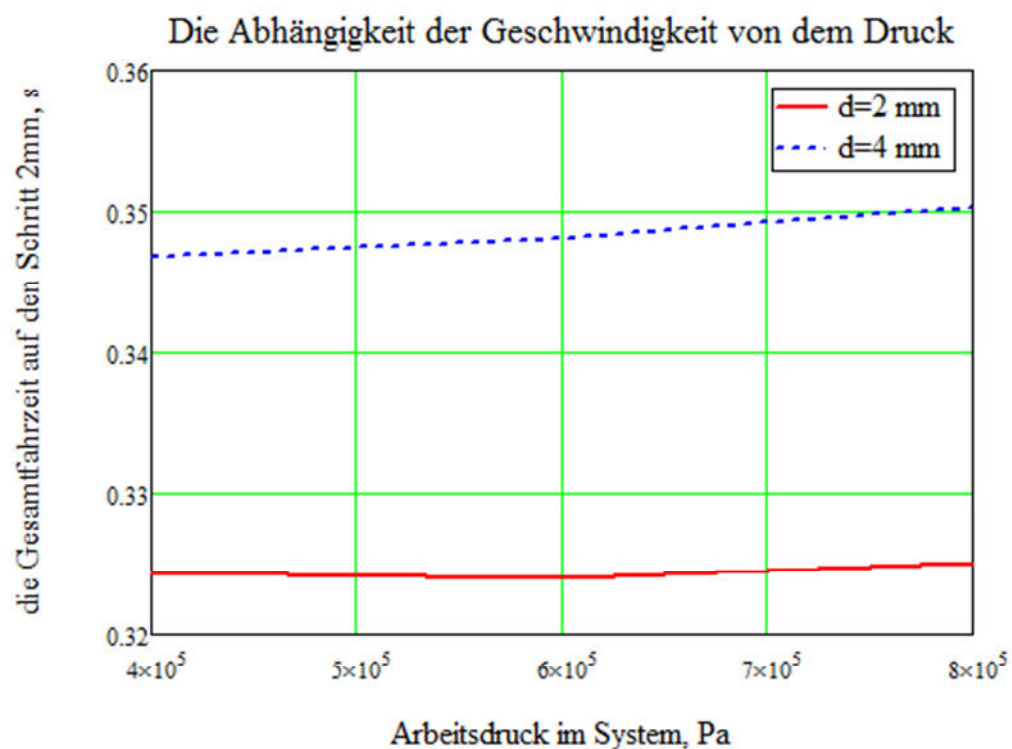


Fig. 3. Die Abhängigkeit der Geschwindigkeit von dem Druck, wobei der Rohrdurchmesser 2 mm und 4 mm ist.

In diesem Pneumatikzylinder mit freiem Schaft wird im Vergleich zu klassischen Konstruktionen ein Mehrpunktzylinder (Abb. 4) mit nur drei Verteilern verwendet, unabhängig von der Anzahl der Schritte. Die Zahl der Verteiler entspricht in klassischen Konstruktionen der Mehrpunktzylinder [1] zu der Anzahl der Schritte.

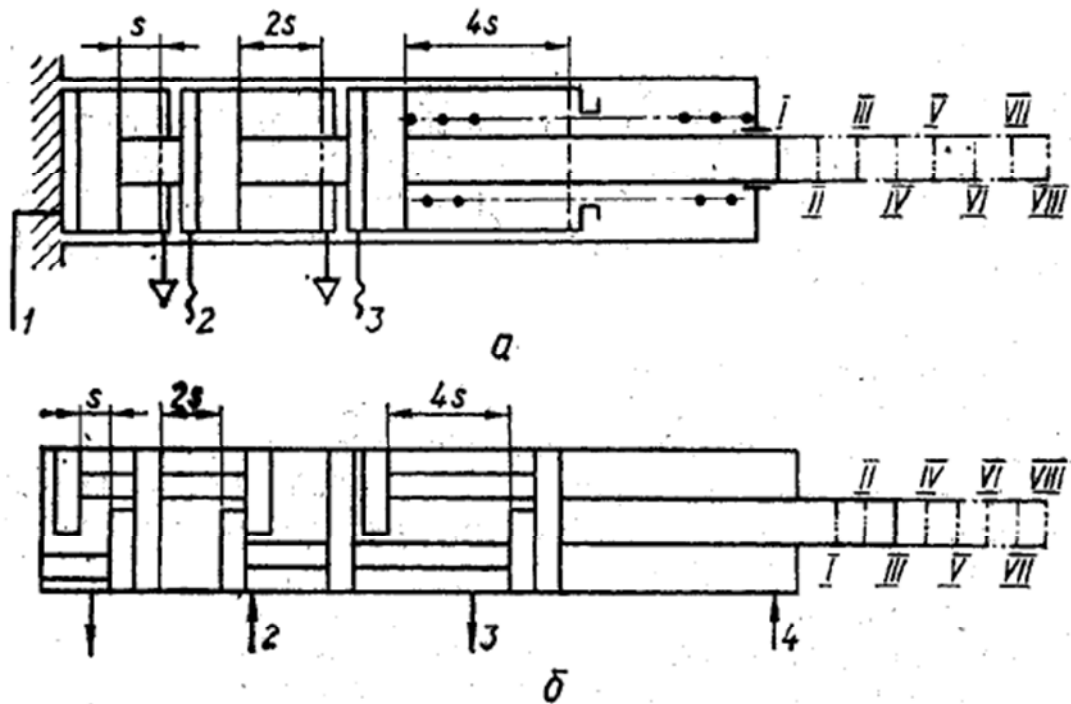


Fig. 4. Die Schemata der digitalen Antriebe: a – der Mehrzylinderantrieb; b – der Zylinder mit miteinander verbundenen Kolben.

Die Analyse der Ergebnisse lässt das Fazit zu, dass diese Konstruktion optimaler und einfacher ist, keine teure Ausrüstung für die Herstellung erfordert und die Anzahl der Schritte unbegrenzt werden lässt. Hier wird der Rohrdurchmesser 4 mm als Standard verwendet, ohne an Leistung zu verlieren.

Quellenverzeichnis

- [1] Hydraulikantrieb und Pneumautomatik: Lehrbuch / V. Fedorets und andere. Ed. V. Fedorets. - K. Wyschtscha Schk. 1995. - 463s.: Ref.
- [2] Industrielle mechanotronen Systemen auf das Pneumoantrieb: Lehrbuch. Posobyte / E. Paschkow, Y. Osnynskyy. - Sewastopol SevNTU Verlag, 2007. - 401S. Ref.

UDK: 621.923.9

Roman Halytskyi, Betreuer: V. Geichuk.

DREHKOPF DES POLIERAUTOMATS

Sicherlich ist die Endbearbeitung ein wichtiges Teil der Fertigungstechnik. Die moderne Industrie ist ohne Honen, Schleifen, Polieren usw. nicht vorstellbar. Vorwiegend werden diese Verfahrenstechniken im präzisen Maschinenbau benutzt, wie z.B. im Flugzeug- und Automobilbau, sowie bei der Werkzeugherstellung, um genaue Abmessungen zu erhalten und eine hohe Oberflächenqualität der Bauteile sicherzustellen. Obwohl die Endbearbeitung seit langem bekannt ist, werden viele Behandlungsmethoden nicht universal benutzt. Außerdem stellt sich in vielen Fällen die Kinematik des Bearbeitungsprozesses als zu kompliziert und in Folge dessen als zu teuer heraus. Maschinenbauer auf der ganzen Welt suchen nach Lösungen zu diesen Problemen, die **magnetisch-abrasive Bearbeitung** oder MAM¹ ist eine von ihnen.

Das MAM-Verfahren ist eine Schleifbearbeitung, die durchgeführt wird, wenn das Werkstück und die Schleifkörner sich in einem Magnetfeld relativ zueinander bewegen. Der Schwerpunkt von MAM ist, dass die ferromagnetische Schleifpulvermasse, die von der Energie des Magnetfeldes verdichtet wird, die abrasive Einwirkung auf das zu bearbeitende Rohteil ausführt. Der größte Vorteil dieser Technik besteht darin, dass Produkte, die nach dem MAM-Verfahren bearbeitet wurden, weniger strukturelle Fehler enthalten. Außerdem sind die Endprodukte wesentlich korrosionsbeständiger. Aus dem Grund, dass MAM die Materialeigenschaften verbessert, ist diese Verfahrensmethode mit anderen modernen Techniken völlig konkurrenzfähig. In meiner Arbeit nehme ich das MAM-Schema der ersten Gruppe als Grundlage. Diese Art von MAM wird für die Bearbeitung der äußeren zylindrischen Drehflächen oder Formflächen mit relativ kleinen Durchmessern und mit einer fliegenden Lagerung der Werkstücke benutzt, z.B. wie ein Bohrer, ein Senkbohrer usw. Es werden gleichzeitig mehrere Werkstücke verarbeitet und jedes von ihnen wird an einer separaten Spindel montiert. Eine **ringförmige Wanne** (Bild 1) wird aus einem nicht-magnetischen Material hergestellt und mit dem magnetisch-abrasiven Pulver gefüllt. Auf innere und äußere Umfänge des Bades werden die Pole der Elektromagnete mit entgegengesetzter Polarität eingeordnet. Wenn sie eingeschaltet werden, erzeugt das Pulver eine abrasive Umgebung mit Regelsteifigkeit. Die Werkstücke können drei Arbeitsbewegungen ausführen: Die Drehung um die eigene Achse, die Schwingung entlang der Achse und die Bewegung entlang des mittleren Kreises der ringförmigen Wanne.

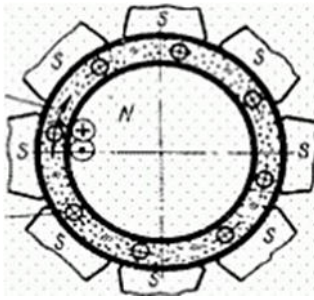


Bild 1 – die ringförmige Wanne

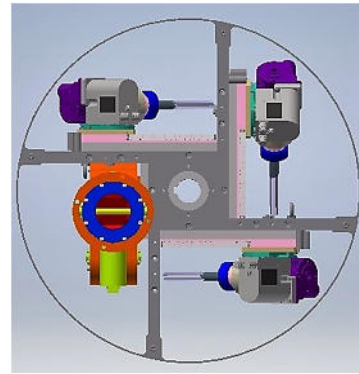


Bild 2 – der Drehkopf

Um die gefahrlose Lagerung der Werkstücke zu garantieren und alle drei Arbeitsbewegungen durchführen zu können, habe ich in meiner Arbeit ein spezielles Gerät entworfen, das **Drehkopf** (Bild 2) genannt wird. Das Gehäuse der Vorrichtung ist monolithisch und wird mithilfe eines Fräasers gefertigt. Damit wird die hohe Steifigkeit des ganzen Systems sichergestellt. In der Struktur des Drehkopfs wird die Motorspindel als Antrieb, der das Werkstück um die eigene Achse dreht, angewendet. Das gibt die Möglichkeit, jeden bearbeiteten Körper an einer separaten und unabhängigen Spindel zu befestigen. Die Schwingbewegung wird mit einem speziellen Gefüge des Schlittens (Bild 3) realisiert, an dem die Motorspindel montiert wird. Der Schlitten bewegt sich entlang der Aussparung im Gehäuse des Geräts. Der Drehkopf wird an der Hauptspindel befestigt. Damit wird die Rotationsbewegung um die eigene Achse an der ganzen Vorrichtung sichergestellt. Auf diese Weise wird das Drehen der Werkstücke entlang des mittleren Kreises vor der ringförmigen Wanne ausgeführt.

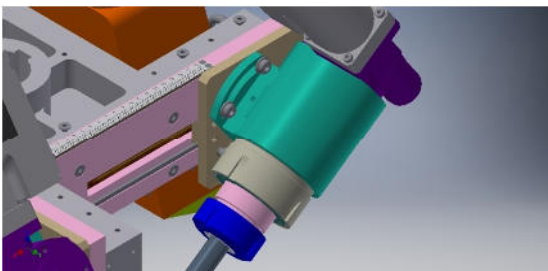


Bild 3 – Die Motorspindel an dem Schlitten

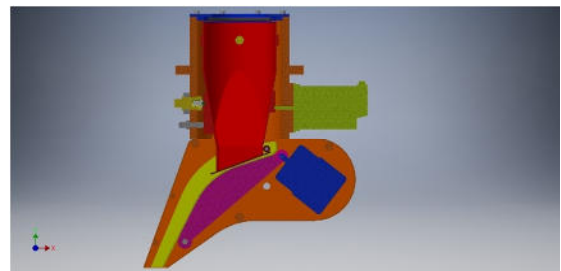


Bild 4 – die Schüttelbehälter

Die Pulverzufuhr kann mithilfe **der Schüttelbehälter** (Bild 4) durchgeführt werden, der fest mit dem Gehäuse des Drehkopfs mittels einer Schraubverbindung verbunden ist. Diese Art von Behälter wird zuerst mit einem Satz des Abrasivpulvers gefüllt und dann wird das Pulver während des Drehens des Drehkopfs in der ringförmigen Wanne batchweise ausgeschüttet. Dieser Prozess wird bis zur völligen Auffüllung der Wanne wiederholt.

Nun gibt es das Fertigmodell als CAD-Modell im Autodesk Inventor, wo es mit dem Finite-Elemente-Verfahren weiter berechnet wird. Meine Forschung ist besonders aktuell und interessant, weil sie eine Endbearbeitung des Axialwerkzeugs mit einer neuen, modernen, ökonomisch günstigen und besonders effektiven Methode möglich macht. Außerdem wird es nach den Fertigzeichnungen des Drehkopfs möglich sein, einen Prototyp zu bauen, um mit weiteren Forschungen fortzufahren.

Allerdings werde ich in meiner weiteren Forschung mit der Kinematik des Hauptantriebs und der ganzen Kinematik des Polierautomats arbeiten, um ein Fertigmodell der Werkzeugmaschine für das Polieren des Axialwerkzeugs mithilfe des MAM-Verfahrens zu bekommen.

1. MAM – Magnetic Abrasive Machining

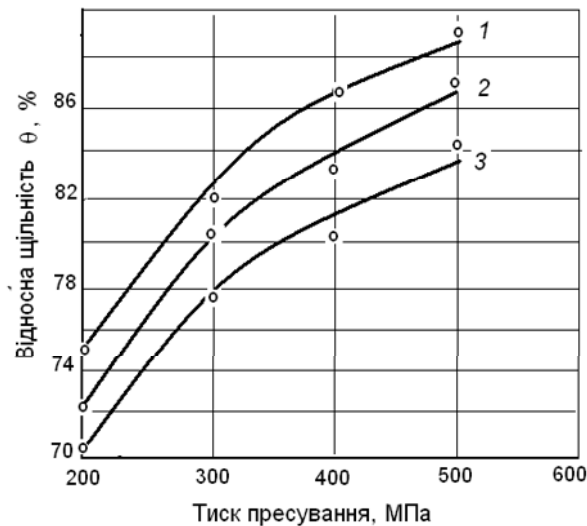
Andrii Klekov

GESETZMÄSSIGKEITEN DER VERDICHTUNG DER PULVERMATERIALIEN BASIEREND AUF FE-AL

Eines der Probleme der modernen Eisenbahntransporteinheiten sind die Bremsseinheiten von Rädern. Die derzeit entwickelten Verbundwerkstoffe für die Erstellung von Bremsbelägen auf Polymerbasis, verbrauchen im Vergleich zu herkömmlichen Gusseisen Einheiten viel höhere Ressourcen. Aber der große Nachteil dieser Scheiben ist die geringe thermische Leitfähigkeit des Materials, aus dem sie hergestellt werden, wodurch eine beträchtliche Wärme im Bereich der Reibung aufkommt, als deren Folge es Defekte auf der Oberfläche des Reibrades gibt.

Das verkürzt die Einsatzzeit der Scheiben. Teilweise wird dieses Problem durch die Schaffung von Verbundblöcken mit Gusseinsätzen gelöst, die eine größere Wärmeleitfähigkeit als das Polymermaterial haben. Das ist aber nicht genug, um das Problem der Wärme in der Reibungszone vollständig zu lösen, weswegen es relevant bleibt. Die Materialien zur Herstellung von Einlagen können Pulverzusammensetzungen auf Eisenbasis sein, Metalle mit einer hohen Wärmeleitfähigkeit, wie sie Aluminium enthält. Diese Materialien könnten in der Pulvermetallurgie hergestellt werden, indem nach einer Ausgangsmischung der Pulver diese gepresst und gesintert werden. Das Ziel war es, die Pressprozesse der Pulvermischungen Fe – Al mit einem enthaltenden Aluminium von 10, 20 und 30 Vol% zu untersuchen.

Untersuchungen zur Herstellung von Pulvermischungen durch einen Pulverausstoß in zwei konischen Mischern zeigten, dass die höchste Qualität der Durchmischung bei einer Mischung für drei Stunden bei einer Rotationsgeschwindigkeit des Trommelmischers von 50-70 U/min, unter dem Zusatz von Vakuumfett in einer Menge von 1,0 bis 1,5%, zu beobachten ist. Es wurde der Einfluss des Materials und des Verdichtungsdrucks auf die Dichte des Presskörpers erforscht. Die Ergebnisse sind in Abbildung 1 dargestellt.



1 - Fe + 30 Vol% Al; 2 - Fe + 20 Vol% Al; 3 - Fe + 10 Vol% Al

Abbildung 1 – Abhängigkeit der Dichte der Presslinge aus der Pulvermischung Fe – Al auf den Verdichtungsdruck

Wie in der Abbildung gezeigt, steigt die Dichte der Presskörper monoton mit zunehmendem Druck. Diese Abhängigkeit von der Dichte der Pulverpresslinge vom Pressdruck ist sehr typisch für die ductile materials. Der vorherrschende Einfluss der plastischen Verformung auf die endgültige Dichte der untersuchten Materialien wird durch die Tatsache bestätigt, dass die vergrößerte Anzahl des Plastizität-Aluminiums im Verbund zu einer höheren Dichte beiträgt.

Basierend auf der Tatsache, dass die Basis des Dichtungsmaterials eine plastische Verformung ist, werden analytische Beschreibung des Prozesses bei der zweiten Gleichung von Balshyna gemacht, die die allgemeine Form hat:

$$\lg p = -L(\beta - 1) + \lg p_{\max}$$

wo β – das relative Volumen, $\beta=1/\theta$; $p_{\max}$ – der Druck auf den maximalen Verdichtungsgrad entspricht, wenn $\beta = 1$; L – Konstante, $L = \lg \alpha$. Es wurden die Konstanten der Gleichung L und

$p_{\max}$ und die Gleichung:

$$\lg p = -0,15(\beta - 1) + 0,67 \text{ definiert,}$$

das für die optimale Definition des Pressprozess von der Fe-Al Kompositionen mit einer gegebenen Dichte verwendet werden könnte.

UDK: 621.923.1

Serhii Kobyscha, Betreuer: S. Sokhan.

ZUM PROFILSCHLEIFEN VON ZAHNRÄDERN

Zahnräder sind heutzutage die wichtigsten Bauteile aller Getriebe, die von einer großen Bedeutung für die richtige Funktionsweise vieler Systeme sind. Zahnräder bestimmen Übersetzungsverhältnisse von Getrieben und halten sie nach dem zweiten Verzahnungsgesetz nur dann konstant, wenn der nachfolgende Zahn bereits im Eingriff ist, bevor der Eingriff des vorangehenden Zahns abbricht.

Je perfekter die Oberfläche der Zahnflanken geschliffen ist, desto besser gelingt der Formschluss und umso leichter und geräuscharmer läuft das Getriebe.

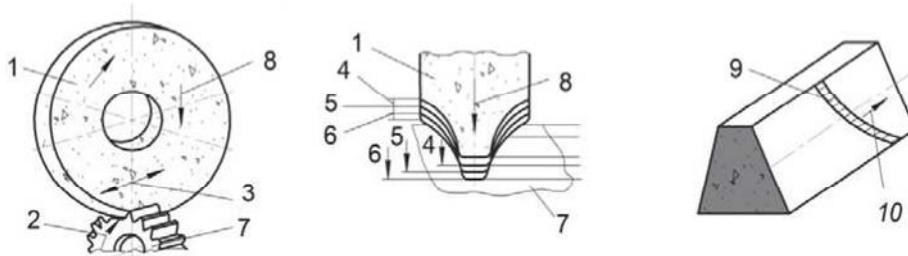


Bild 1. Profilschleifen von Zahnrädern

Das Schleifen der Zahnflanken stellt hohe Anforderungen an Maß- und Formgenauigkeit, sowie besonders hohe an die Randzoneneigenschaften des Bauteils. Für das Schleifen von Zahnrädern sind zwei Methoden im Maschinenbau weit verbreitet: Das Wälzschleifen und das Profilschleifen.

Das Profilschleifen ist ein diskontinuierliches Schleifverfahren, bei dem die Profilform des Schleifwerkzeuges auf das Werkstück abgebildet wird. Bei dem Zahnrad-Profilschleifen wird Zahnücke für Zahnücke bearbeitet. Dieser Prozess läuft mit einer rotierenden Schleifscheibe (1)

und einer Vorschubbewegung (3) längs der Werkstücksachse (7). Das Schleifscheibenprofil beim Profilschleifen von Zahnrädern entspricht genau dem Fertigprofil der Zahnücke, inbegriffen der Flankenkorrektur. Konventionell wird die Zahnücke in 4-5 Arbeitshüben geschliffen. In Abhängigkeit von der Schleifenstrategie folgen nach ein paar Hüben die radiale Zustellung (8) und die Schleifscheibe vertieft sich in das Werkstück (7). Am Ende der Bearbeitung der Zahnücke kehrt das Zahnrad um, damit die Schleifscheibe die nächste Zahnücke bearbeiten kann. Das Zahnrad-Profilschleifen ist durch eine Linienberührung zwischen der Schleifscheibe (1) und dem Werkstück (7) gekennzeichnet.

Die Merkmale des Profilschleifens

1. Das Verfahren ist für eine Kleinserie geeignet, in der universale Werkzeuge und keine hohe Produktivität benötigt werden.
2. Der Einsatz ist bei großen Modulen und kleinen bis mittleren Zahnzahlen möglich.
3. Das Schleifen von nicht wälzfähigen Profilen ist möglich.
4. Der Einsatz von Einzelscheiben oder Scheibensätzen ist möglich.
5. Profilkorrekturen mittels NC-Achsen können durchgeführt werden.

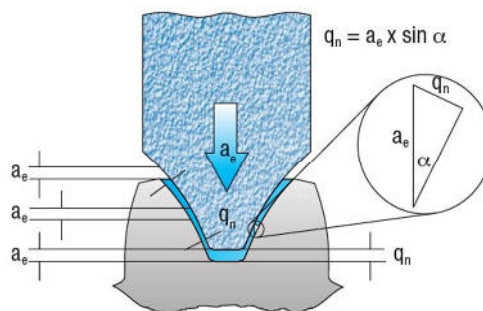
Bezogenes Zeitspanvolumen Q'_w

$$Q'_w = \frac{a_e \times V_w}{60}$$

a_e = Zustellung in mm pro Überlauf

v_w = Werkstückgeschwindigkeit in mm/min

Da die Evolvente aber eine Kurve beschreibt, ergeben sich bei obengenannter Formel nicht die effektiven Werte an den einzelnen Kontaktpunkten der Evolvente. Die effektive Zustellung von q_n ändert sich über die ganze Evolventenlänge und entspricht der Zustellung a_e nur im Zahnfuß.



Infolgedessen benutzt man die folgende Formel:

$$Q'_w = \frac{a_e \times \sin \alpha \times V_M}{60}$$

UDK: 621.791.3

Nazar Kompaniets, Betreuer: N. Strelenko.

VERBINDEN VERZINKTER STAHL-FEINBLECHE DURCH METALLSCHUTZGASLÖTEN

Um den aktuellen Bedarf an korrosionsschutzten Stahlteilen zu erfüllen, setzt man immer häufiger verzinkte Stähle als Werkstoffe ein. Anwendungsgebiete finden sich unter anderem im Automobilbau, in der Klima- und Lüftungstechnik, in der Bauwirtschaft etc. Muss an bereits verzinkte Stahlkonstruktionen geschweißt werden, sind Bedingungen zu beachten, die besonders die Schweißsicherheit und den Korrosionsschutz betreffen. Die Schweißsicherheit tragender Stahlkonstruktionen ist mit einer Forderung verbunden, die das Schweißen auf Zinküberzügen nicht zulässt [1]. Zink weist eine Verdampfungstemperatur von etwa 900°C auf, so dass beim herkömmlichen Schweißen von verzinkten Blechen die Oberflächenbeschichtung großflächig verbrennt. Das verdampfende Zink sowie die Oxide führen zu Porenbildung, Rissen und Bindefehlern. Der Lichtbogen brennt extrem instabil. Diese Probleme können weitgehend durch den Einsatz des MIG-Lötens umgangen werden. Moderne Lötverfahren [2] ermöglichen eine Steuerung der Werkstoffübertragung und auch einen dosierten (bzw. reduzierten) Wärmeeintrag. Das ist durch die Anwendung programmierter Stromquellen, die eine Strommodulation erlauben, erreichbar. Beim MIG-Löten oxidiert die Zinkschicht nur unerheblich, aufgrund des geringeren Wärmeeintrags, und behält eine ausreichende Dicke.

Um die Besonderheiten von MIG-Löten verzinkter Stahl-Feinbleche zu erforschen, wurde ein Versuch durchgeführt [3]. Der Überlappstoß von verzinktem Feinblech aus der Stahlsorte St. 3 (entspricht deutsches DC03) mit dem Zusatzwerkstoff CuSi3 wurde gelötet (Abbildung 1).

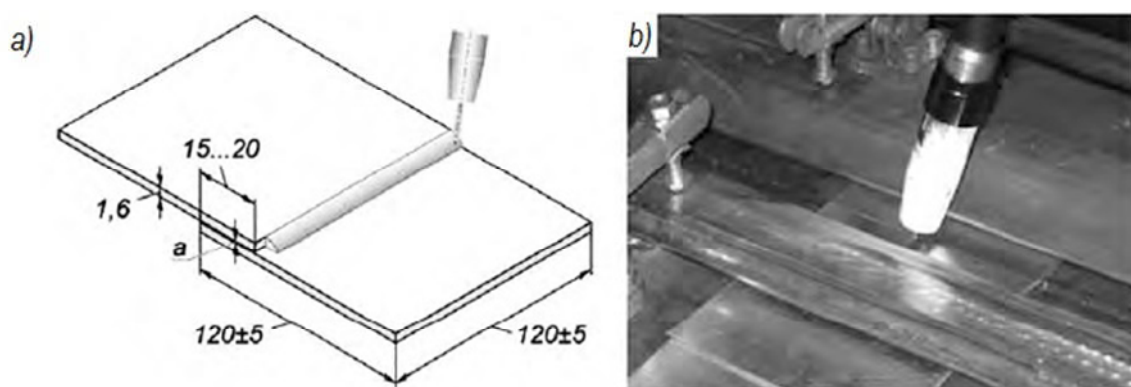


Abb. 1. Lötprobe: Skizze des Überlappstoß (a); Foto von Versuch (b).

Eine weitere Analyse macht deutlich, dass auf der Oberfläche der Lötnahte vier Zonen zu unterscheiden sind (Abbildung 2).

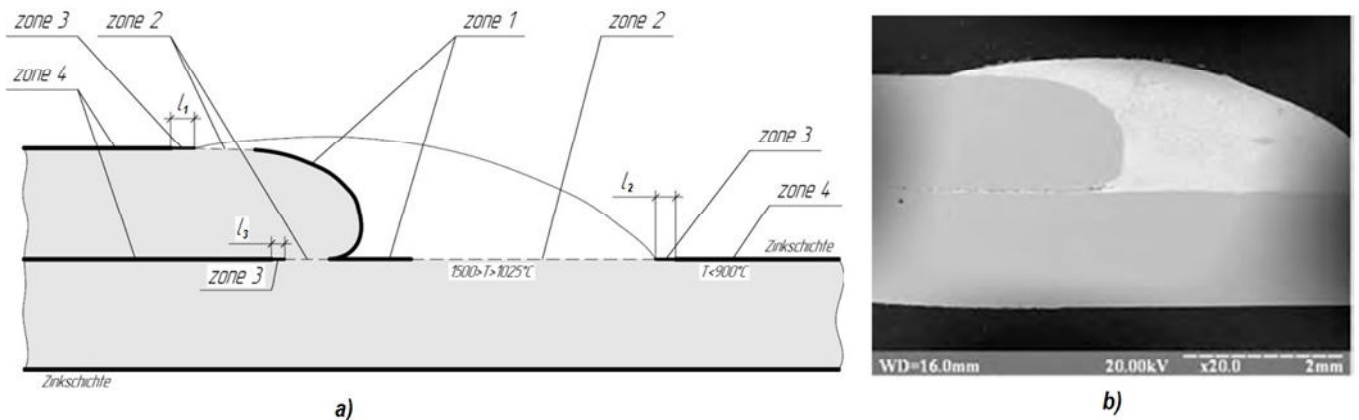


Abb. 2. Schema der Lötverbindung (a); Lötnaht aufgenommen mit einem Rasterelektronenmikroskop (b).

Zone 1 entspricht einem Bereich der Verschmelzung von der Metallbeschichtung und dem Lot. In der Zone 2 überwiegt die Adhäsion zwischen dem Grundmetall und dem Lot. Zone 3 ist ein Bereich der Wärmewirkung des flüssigen Lotes auf die Zinkbeschichtung. Die dritte Zone ist die wichtigste in Hinblick auf die Schweißsicherheit, denn die Zinkschicht verdampft hier teilweise. Abhängig von der Verweilzeit bei hoher Temperatur können die Abmessungen dieser Zone (l_1 , l_2 , l_3) spürbar abweichen.

Eine weitere Lösung liegt darin, dass die wärmearme Fügeverfahren oder die synergetische Steuerung anzuwenden ist, um den Wärmeeintrag und folglich die Zinkverdampfung zu verringern.

Quellenverzeichnis

- [1] DIN EN ISO 14713: Schutz von Eisen und Stahlbaukonstruktionen vor Korrosion März 1999.
- [2] Arc brazing – Innovative, safe and economical, Norbert Knopp, Mundersbach and Robert Killing, Solingen, Germany, © 2003 EWM HIGHTEC WELDING.
- [3] Features of the arc soldering of thin-sheet galvanized steel. Materials of 4th Technical Conference SAMPE Ukrainian department. Zvorykina A. C., Strelenko N.M. – 2014.

Oleh Lytvyniuk, Betreuer: I. Krivtsun, O. Slyvinskyy.

FESTSTELLUNG DER ÄNDERUNGEN DER QUERSCHNITTSFORM DER SCHWEISSNAHT UND DES WIRKUNGSGRADS DER WÄRMEQUELLEN BEIM WIG-SCHWEISSEN, LASER- UND HYBRIDSCHWEISSEN DES BAUSTAHLS S-235JR

Gegenwärtig steht die Entwicklung des modernen hocheffektiven und hochleistungsfähigen Schweißverfahrens an erster Stelle im Bereich der Herstellung der Metallkonstruktionen, bei der die Schweißverbindungen benutzt werden. Eine der Möglichkeiten der Verbesserung der Eigenschaften der Schweißwärmequellen ist die Kombination verschiedener Wärmequellen in einem Hybrid-

Prozess. Die Folge dieser gemeinsamen Arbeit solcher Schweißwärmequellen wie der Lichtbogen und der Laserstrahl wird zu sachdienlichen Konsequenzen führen. Die Veränderung der Arbeitswirkung der wohl bekannten Schweißwärmequellen ruft einen Synergieeffekt hervor, wodurch sich der Wirkungsgrad der Schweißwärmequellen und die Schweißtiefe erhöhen. Besonders nützlich ist dieser Effekt beim Schweißen der Werkstücke mit einer großen Dicke. Um das Erscheinungsbild der Änderungen der Querschnittsform der Schweißnaht und der Änderungen des Wirkungsgrads der Wärmequellen einzuschätzen, wurde eine Reihe von Experimenten durchgeführt. Dafür wurde ein Yb:YAG Laser beim WIG Schweißen benutzt.

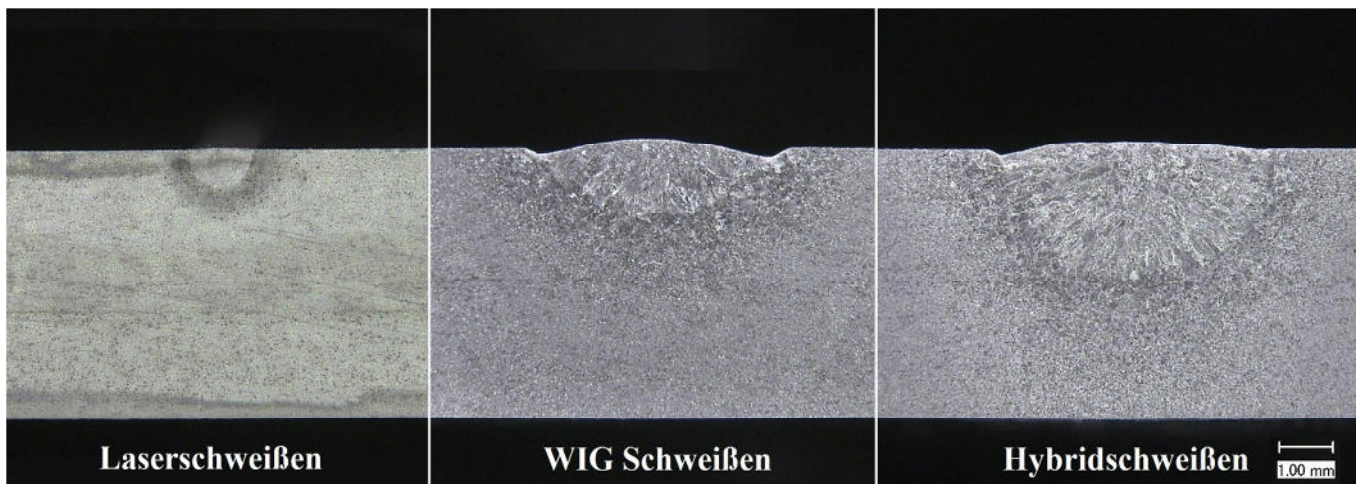


Abbildung 1. Makroschliffe der Querschnitte der Schweißnähte, die mit den entsprechenden Schweißparametern gemacht wurden. Die Analyse der Makroschliffe und die nachfolgende Berechnung zeigten die Steigerung des Energieanteils beim Hybridschweißen, der durch das Schweißen von Metall aufgesaugt wurde, und des Energieanteils, der für die Heizung und die Schmelzung des Schweißnahtmetalls gebraucht wurde, bezüglich der Energie, die von der Schweißwärmequellen hergestellt wurde. Auch wurde eine Vergrößerung des Verhältnisses der Schweißtiefe zur Nahtbreite beim Hybridschweißen des Baustahls S-235JR mit den entsprechenden Schweißparametern bemerkt.

UDK: 62-97/-98

Pavlo Mischchenko, Betreuer: I. Werba

ERWEITERUNG DER TECHNOLOGISCHEN MÖGLICHKEITEN VON DREHMASCHINEN

Eine der aktuellen Frage in jedem Betrieb ist die Modernisierung bestehender Anlagen. Eine gute Lösung für die Verbesserung der Drehmaschinen sähe vor, ihre technologischen Möglichkeiten zu

erweitern. Es hängt von den technologischen Möglichkeiten ab, wie dieses Gerät in einer Betriebsumgebung verwendet werden kann. Aufgrund ihrer Expansion kann man das Sortiment der produzierten Teile erhöhen, sowie die Behandlungsmöglichkeiten und die Qualität der bearbeiteten Teile verbessern. Die folgenden Methoden gelten als die wirksamsten Mittel zur Verbesserung:

1. Die Steigerung der Schnittgeschwindigkeit. Dieser Schritt führt zu einer effektiven Anwendung von modernen verarbeiteten Materialien und Schneidwerkzeugen. Zur Erreichung dieses Ziels ist es notwendig, die maximale Drehzahl $n_{\max}$ der Spindel zu erhöhen. Dafür sollten die Lager der Spindelbaugruppe ersetzt werden. Des Weiteren muss ein passender Elektromotor berechnet und ausgewählt werden. Danach folgt die Analyse der Belastungen der Spindelbaugruppe. Das ist mithilfe einer Software problemlos möglich (z.B. Autodesk Inventor).
2. Eine Benutzung der rotierenden Schneidwerkzeuge hilft die Zahl der Verfahren, die die Werkzeugmaschine ausführt, zu vergrößern. Auf diese Weise kommt es zu einer Kombination von Werkzeugen, die geeignet sind, Bohrungen zu bearbeiten.
3. Die Verarbeitung von komplexen Teilen, dazu gehört auch die Entwicklung von speziellen Technologien, zum Beispiel kann in das System der Drehmaschine ein Festkörperlaser eingeführt werden, um die Bearbeitung mit einer Heizung zu ermöglichen und um Oberflächen mit komplizierten Formen zu bearbeiten.
4. Eine einstellbare Spindeldrehung im Regime des Vorschubes ermöglicht die Bearbeitung der Formflächen und Kurvenschlitze.
5. Die Verwendung von vier bis sechs Spindeln mit der Möglichkeit der Drehung der Spindeltrommel. Auf diese Weise kann der Zeitverbrauch für die Ausführung der Vorbereitungs- und Abschlussarbeiten wesentlich verringert werden.
6. Die Verwendung eines Direktantriebs: Das Werkstück und das Schneidwerkzeug befestigen sich direkt und ohne Zwischengetriebe auf dem elektrischen Antrieb. Damit können Fehler der Eingriffsspiele und des Verschlusses völlig beseitigt werden.

Die obengenannten Varianten sind effektiv und zählen zu den schwierigsten Aufgaben, weil sie die Modernisierung der Drehmaschinen in jedem Betrieb mit wenigen eigenen Anstrengungen und für eine kurze Zeit ermöglichen.

Quellenverzeichnis

[1] F. Novikova/A. Yakimova: Fisiko-matematicheskaya teoriya processov obrabotki materialov i tekhnologii mashinostroeniya. In 10 Bänden. Band 2 „Teplofizika rezaniya materialov, Odessa, 2003.

UDK: 539.372

Rostyslav Nizinkovskyi, Betreuer: M. Bobyr.

NÄHERUNGSVERFAHREN ZUR BERECHNUNG VON KERBSPANNUNGEN BEI PLASTIZITÄT MIT EINER KOMPLIZIERTEN BELASTUNGSART

Die Bestimmung von Kerbspannungen und -dehnungen in Tragwerken bei statischer oder zyklischer Belastung spielt bei Festigkeits- und Lebensdauerberechnungen eine merkliche Rolle. Besonders wichtig ist diese Berechnungsart unter der Berücksichtigung des plastischen Verhaltens des Werkstoffes. Heutzutage gibt es eine Software, die die Durchführung der Berechnungen von Verzerrungen, Verformungen und Spannungen auf Grund der Finit-Element-Methode (FEM) leistet. Infolge der großen Zahl der Iterationsschritte, die für eine Berechnung erforderlich sind, werden diese Berechnungen jedoch zu zeitaufwändig und unwirtschaftlich, sodass im Bereich der technischen Praxis die Näherungsverfahren benutzt werden können. Der Zweck der Arbeit ist die Bestimmung des Anwendungsbereiches des Näherungsverfahrens für eine komplizierte Belastung unter verschiedenen Belastungsbedingungen mit der Neuber- [1], Makhutov- [7], Birger- [8], Glinka-, numerische Neuber- [2] und Calladine-Iterationsmethode. In vorherigen Untersuchungen wurden der Spannungs- und Dehnungszustand bei einfacher linearer Belastung mithilfe FEM beurteilt und mit Näherungsverfahren verglichen [2], [4], [6]. Nun soll diese Methodik auf eine komplizierte unlineare Belastung erweitert werden. Dafür braucht man eine numerische Simulation bei komplizierter Belastung von einem achsensymmetrischen Probekörper mit verschiedenen Belastungsbahnen, nämlich lineare und zweigliedrige und eine Bahn mit niedriger Krümmung. Auch die Methode für Hauptspannungen und -dehnungen wird durchgeprüft.

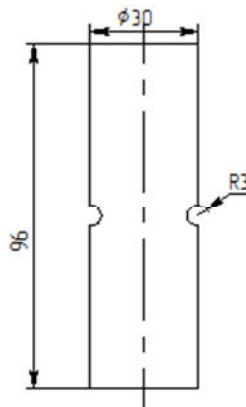


Abb. 1. Geometrie des Probekörpers

Der Probekörper wird aus der Aluminiumlegierung AMГ5M hergestellt. Man sollte die Zug-Untersuchungsergebnisse annähern, um die Werkstoffkennwerte schätzen zu können. In dieser Arbeit wird die Ramber-Osgood-Gleichung [9] für eine Annäherung der Untersuchungsergebnisse benutzt.

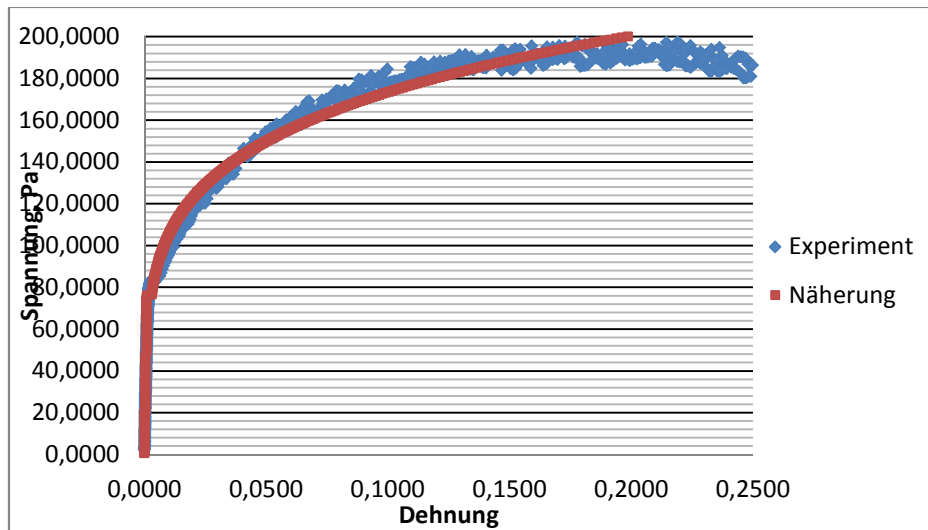


Abb. 2. Annäherung der Zug-Untersuchungsergebnisse mithilfe der Ramberg-Osgood-Gleichung
Als Ergebnisse der Arbeit können Empfehlungen für eine Anwendung der obengenannten Methoden und der Methode für die Bestimmung von Hauptspannungen und -dehnungen, die in [2] aufgewiesen wird, bei komplizierter Belastung mit verschiedenen Belastungsbahnen, genannt werden.

Quellenverzeichnis

- [1] Neuber H (1961) Theory of stress concentration for shear-strained prismatical bodies with arbitrary nonlinear stress-strain law. J Appl Mech 28:544–550.
- [2] J. Eisenträger, K. Naumenko, H. Altenbach, W. Lenz. (2014) Näherungsverfahren zur Berechnung von Kerbspannungen und -dehnungen bei Plastizität und Kriechen// F. im Ing.
3. Hoffmann M, Seeger T (1985) A generalized method for estimating multiaxial elastic-plastic notch stresses and strains. Part 1: Theory. J Eng Mater Technol 107:250–254.
4. Hoffmann M, Seeger T (1985) A generalized method for estimating multiaxial elastic-plastic notch stresses and strains. Part 2: Application and general discussion. J Eng Mater Technol 107:255–260.
5. Hyde TH, Sabesan R, Leen SB (2004) Approximate prediction methods for notch stresses and strains under elastic-plastic and creep conditions. J Strain Anal Eng Des 39(5):515–527.
6. Hyde TH, Sabesan R, Leen SB (2005) Approximate prediction methods for multiaxial notch stresses and strains under elasticplastic and creep conditions. J Strain Anal Eng Des 40:535–548.
7. Makhutov, N.A. (1981) Deformacionnye kriterii razrushenia i raschet elementov konstrukciy na prochnost, M.: Mashinostroenie.
8. Birger I.A. (1985) Prognozirovanie resursa pri malociklovoy ustalosti. Problemy prochnosti, Nr. 10, S. 39-44.
9. Ramberg W. and Osgood W.R. Description of stress-strain curves by three parameters.

UDK: 681.2.084

Tetiana Pittsyk, Betreuer: A. Tsybenko.

SIMULATION DER DYNAMISCHEN ANGABEN VOM LASERKREISEL

In heutigen Navigationssystemen, die in der zivilen Luftfahrt verwenden werden, wird das plattformfreie träge Lasernavigationssystem benutzt. Als empfindliches Element gilt hier der Laserkreisel. Für seine effektive Arbeit muss die qualitative Bewertung der dynamischen Angaben, der Analyse und Optimierung seiner Federungselemente, die wichtige und verantwortliche Konstruktionsteile darstellen, durchgeführt werden. In dieser Arbeit wurden Eigenschwingungsformen des Laserkreisels simuliert. Für die qualitativ höchste Lösung dieser Aufgaben wurde die Finite-Elemente-Methode benutzt.

Für das Auffinden der Eigenfrequenz und der Schwingungsformen muss das System gelöst werden

$$([K] - \lambda_i [M])\{W\}_i = 0 ,$$

wo $[M]$ – Matrix der Masse, $[K]$ – Matrix der Härte, $\{W\}$ – Eigenvektor,

λ – Eigenzahl. Die Eigenschwingung kann folgendermaßen berechnet werden: $\lambda = \omega^2$

Die Lösung dieser Gleichung wird vorgestellt als

$$\{Y\}_i = A\{W\}_i \cos \omega t ,$$

wo $\{Y\}$ – Eigenvektor der Schwingungsformen.

Diese Methode ist grundlegend für den Amplitudenfrequenzgang in CA-Systemen. In dieser Arbeit wurde für die Berechnung die ANSYS Workbench benutzt. Der Laserkreisel besteht aus 75 verbundenen Konstruktionsteilen, die geometrisch unterschiedlich und ungleichartig sind.

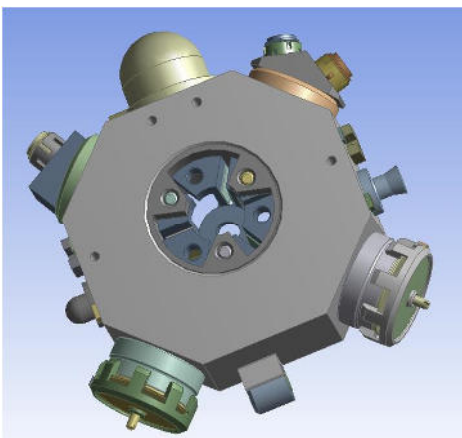


Bild 1. 3D-Modell des Laserkreisels

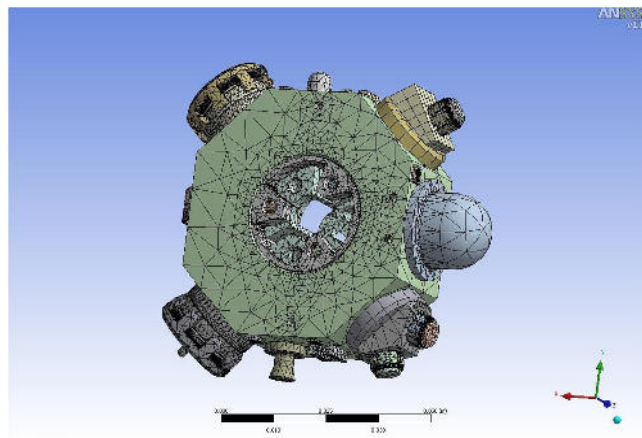
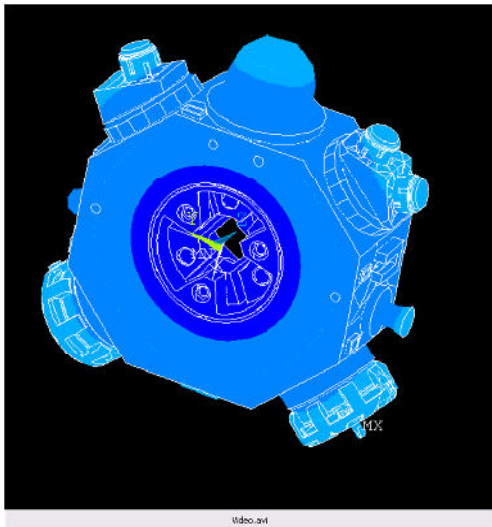
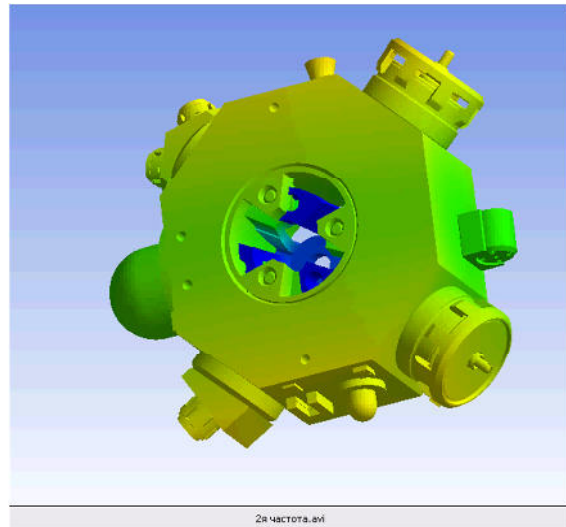


Bild 2. Finite-Elementes diskretes Modell des Laserkreisels.



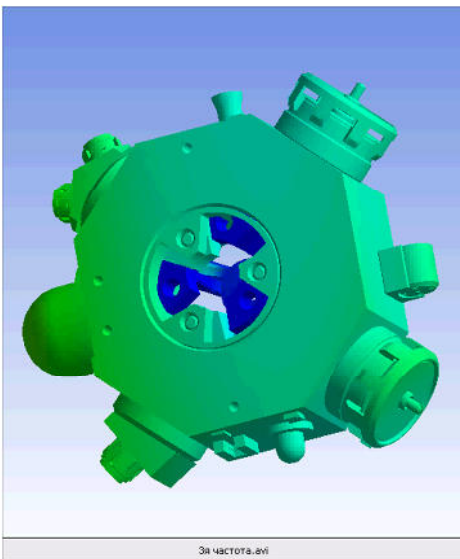
Erste Form der Eigenschwingung:

Die rechnerische Resonanzfrequenz der Schwingungen ist 429 Hz.



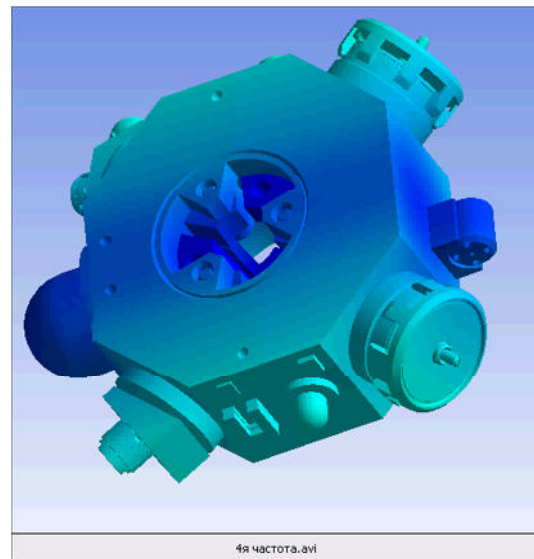
Zweite Form der Eigenschwingung:

Die rechnerische Resonanzfrequenz der Schwingungen ist 736 Hz.



Dritte Form der Eigenschwingung:

Die rechnerische Resonanzfrequenz der Schwingungen ist 748 Hz.



Vierte Form der Eigenschwingung:

Rechnerische Resonanzfrequenz der Schwingungen ist 941 Hz.

Quellenverzeichnis

Tsybenko A.S., Konjuhov A.S.: Imitacionnye dinamicheskie modeli zhidkostnykh raket-nositeley // NTUU „KPI“ VPI VPK „Politehnika“, 2008, S. 106-108.

UDK: 539.4

Serhii Tetora , Betreuer: O. Timoschenko, W. Kowal.

**DIE AUSWIRKUNG DER SPANNUNGSWERTE AUF DIE LANGLEBIGKEIT DER
STRUKTURELEMENTE FÜR DIE ALUMINIUM-LEGIRUNG Д16ЧТ ГОСТ 4784-97
NACH DEM GLATTDÜCKEN**

Es ist bekannt, dass die meisten kritischen Strukturelemente in Flugzeugen unter dem Einfluss von äußeren Belastungen stehen, die meistens zyklisch sind. Diese Belastungen führen zur allmählichen Anhäufung von Mikrostörungen und zur Entstehung von Dauerrissen und einer nachfolgenden Zerstörung der Struktur. Besonders gefährlich im Hinblick auf die Ermüdungsfestigkeit sind die Bereiche mit technologischen Spannungskonzentratoren, wie beispielsweise Brennstoffdurchflussöffnungen, Ausschnitte in den Rippen für Stinger, Löcher für Schrauben- und Nietverbindungen usw. Die Gefahr der obengenannten Strukturelemente ist durch die ungleichmäßige Verteilung in den Konzentrationsbereichen der Spannungs- und Dehnungsfelder begründet. Diese Felder werden durch starkes Wachstum der lokalen Maximalwerte von Spannung und Dehnung charakterisiert, deren Bewertung mithilfe analytischer Berechnungsmethoden eine ziemlich komplizierte Aufgabe ist, die mit der Verwendung der wichtigsten Bestimmungen der statistischen Wahrscheinlichkeitstheorie gelöst werden sollte. Basierend auf der Tatsache, dass technologische Löcher als Zentrum der Formierung von Makrorissen wirken, sind sie die schwächsten Orte der Strukturen. Es wurden jedoch Methoden entwickelt, die die Auswirkungen der Spannungskonzentration auf den Haltbarkeitswert reduzieren können. Unter diesen Verfahren gibt es die lokale Oberflächenhärtung durch Glattdrücken des Lochs, Rollen des Lochs, Herstellung spezieller Rillen um das Loch, was zu einer sogenannten Barrierepresse führt, usw. Allerdings unterscheidet sich die Wirkung jeder dieser Methoden auf die Haltbarkeit und ausgehend von unterschiedlichen technischen Parametern des Prozesses der Oberflächenhärtung (Durchmesser des Dorns, Größe und Lage der Rillen usw.) und es sollte separat für jeden Fall beurteilt werden, welche Methode geeignet ist. Somit ist die Aufgabe eine Untersuchung der Wirkung der Oberflächenhärte auf den Wert der Haltbarkeit des Strukturelements, eine Aufgabe, die besondere Aufmerksamkeit erfordert.

Im Rahmen der vorliegenden Arbeit wurde der Einfluss des Prozesses des Loch-Glattdrückens beschrieben, weil es das häufigste und technologisch leichteste Oberflächenhärtungsverfahren der Probe mit einem zentralen Loch ist. Als Testwerkstoff wurde die Flugzeug-Aluminium-Legierung Д16ЧТ ausgewählt. Die Probe war eine Platte mit einem zentralen Loch von 5 mm. Die Proben unterschieden sich durch die Spannungswerte nach dem Glattdrücken, die 0%, 1%, 2% und 3% betrugen. Die Tests wurden im Rahmen von weichen zyklischen Belastungen durchgeführt, die

durch den Asymmetriefaktor $R_\sigma = 0$ charakterisiert werden. Die Frequenz der Last während des Experiments betrug 3 Hz. Der Anfang und die weitere Kinetik des Risswachstums wurden mithilfe der Videoaufnahme und einer weiteren Verarbeitung der Videodaten von einer Digitalkamera bestimmt. Während des Tests wurde die Qualität der Risslänge-Messungen durch eine entsprechende Skalierung sichergestellt. Als ein Ergebnis der Experimente fand eine Teilung in eine Rissbildung auf Ermüdungsteilen und in eine Zerstörung der Probe statt. In den Grafiken ist nur die Länge der Ermüdungsrisse dargestellt.

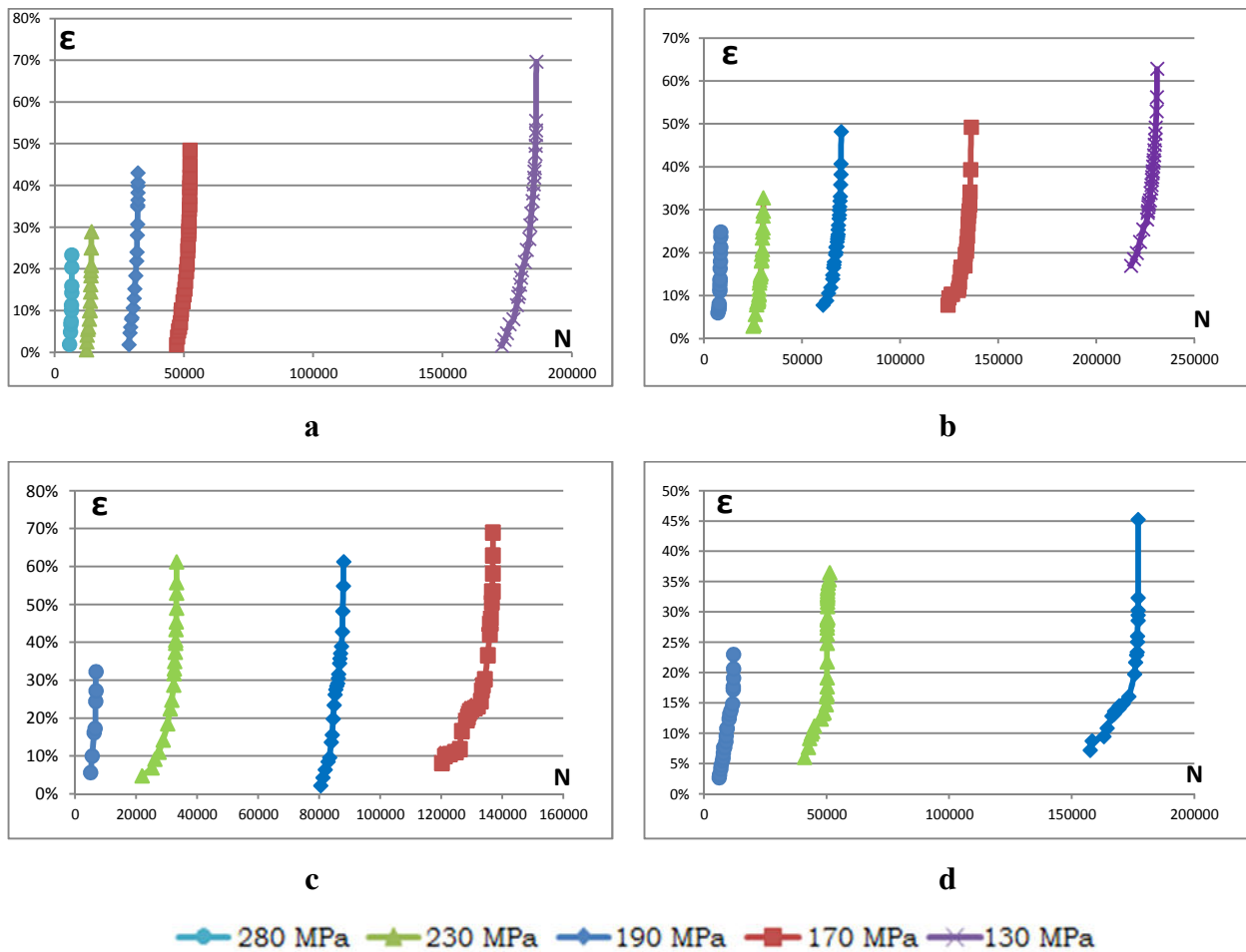


Fig. 1. Zyklische Kurven für verschiedene Spannungswerte nach dem Glattdrücken (a - 0% Spannung, b - 1% Spannung, c - 2% Spannung, d - 3% Spannung).

Die Ergebnisse zeigen, dass mit einer Abnahme des Werts der maximalen Spannung in den Zyklen sich die Anzahl der Zyklen vor der Bildung von Rissen erhöht und sich die Risslänge von ihrer Bildung bis zum Erreichen der Ermüdungslänge auch erhöht. Beispielsweise liegt bei 1% die unumkehrbare plastische Deformation bei 230 MPa – 24897 zyk. und bei 170 MPa – 124320 zyk. Dabei ist die Länge des Risses bei 230 MPa – 9,48 mm und bei 170 MPa – 12,28 mm. Die kritischen Werte der Risslänge sind gleich dem Durchmesser der Löcher. Die Haltbarkeitskurven (Fig. 2). zeigen verschiedene Spannungswerte nach dem Glattdrücken.

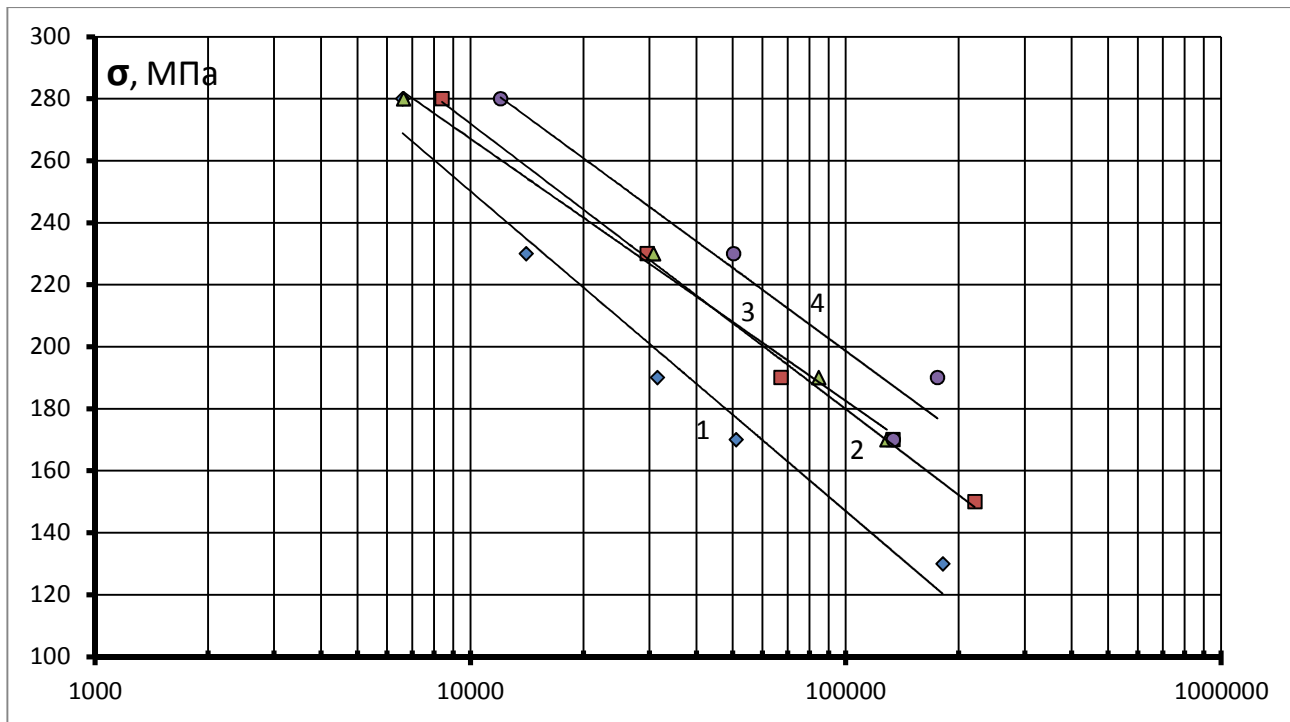


Fig. 2. Kurzzeitermüdungskurven für eine Probe mit einem Loch mit einer 1 – 0% Spannung, 2 – 1% Spannung, 3 – 2% Spannung, 4 – 3% Spannung

Fig. 2 zeigt, dass der Anstieg der Werte der unumkehrbaren plastischen Deformation nach dem Glattdrücken zu einer Erhöhung der Langlebigkeit führt. Zum Beispiel ist die Langlebigkeit bei einer maximalen Belastung in dem Zyklus gleich 190 MPa bei 3% Spannung nach dem Glattdrücken 5,57 mal größer als die Langlebigkeit der Probe ohne Spannung und 2,07 mal größer als bei 2% Spannung. Folglich können nach den durchgeführten experimentellen Untersuchungen folgende Schlussfolgerungen gezogen werden:

1) Wenn sich der Wert der Spannung erhöht, erhöht sich die Anzahl der Zyklen vor der Rissbildung und erhöht auch seinen Ermüdungsteil.

2) Der Anstieg der Spannungswerte nach dem Glattdrücken führt zu einer Erhöhung der Langlebigkeit. Dabei ist nach den durchgeführten experimentellen Untersuchungen der Wert der Langlebigkeit für eine Spannung von 1% und 2% nach dem Glattdrücken nicht sehr verschieden. Das Glattdrücken mit diesen Spannungswerten kann bezüglich der Auswirkungen auf die Langlebigkeit als gleichwertig betrachtet werden.

Quellenverzeichnis

1. Strizhalo V.A.: „Ziklicheskaya prochnost i pozuchest metallov pri maloziklovom nagruzhении v usloviyakh nizkikh temperatur“
2. Strizhalo V.A.: Strizhalo V.I.: „Maloziklovaya ustalost pri nizkikh temperaturakh“
3. Stepanova T.Yu.: „Tekhnologii poverkhnostnogo uprochneniya detaley mashin.“

Hanna Tsybenko, Betreuer: M. Shidlovskii.

ZU AKTUELLEN TENDENZEN DER AUSBREITUNG VON BIOLOGISCH ABBAUBAREN POLYMERMATERIALIEN (ÜBERSICHT)

Aufgrund der Notwendigkeit einer kontinuierlichen Verbesserung der Umweltsituation werden Polymermaterialien (PM), die beim Abbau der Wirkung ihrer biologischen Umgebung ausgesetzt sind, immer häufiger entwickelt und eingeführt. Es ist wichtig, eine richtige Auffassung von den wichtigsten Kategorien und Eigenschaften dieser Materialien zu haben, damit die daraus hergestellten Produkte allgemein anerkannten internationalen Standards entsprechen. Dieser Aufsatz enthält Informationen über die Entwicklungsarbeiten der biologisch abbaubaren Polymere in Bereichen wie Herstellung von medizinischen Instrumenten und Gewebekonstruktion.

Poliefirefirketon (PEEK) übertrifft bezüglich der Eigenschaften fast jedes andere Thermoplast. [1] Die Vorteile des PEEK sind gute Gleitfähigkeiten, eine hohe Verschleißfestigkeit, eine einfache Produktion und ferner eine hohe Lebensdauer. Es ist biologisch kompatibel zu lebendem Gewebe, und für die Auswirkungen der Körper oder Körperflüssigkeiten geeignet, sowie biologisch stabil, d.h., dass seine physikalische und chemische Integrität nach dem Kontakt mit Körperflüssigkeiten erhalten bleibt.

Anwendungsbereich. Das Polymer ist zur Verwendung bei medizinischen Geräten gut geeignet, denn es ist möglich, kostengünstig innovative sterilisierbare Teile für medizinische Instrumente und Geräte herzustellen, die u.a. in der klinischen Zahnmedizin Verwendung finden. [2]



Abb. 1-3 – Ersatzteile und Werkzeuge, medizinische Instrumente, Dialysator und Dentalinstrumente.

Polycarbonat (PC) besitzt eine gute Schlagfestigkeit, gepaart mit einer hohen Transparenz und Wärmebeständigkeit. Die Gebrauchseigenschaften des Polycarbonats bestimmen sich durch seine geringe Toxizität und die Möglichkeit einer mehrfachen Dampfsterilisation unter Druck bei 132°C. Allerdings werden nach einigen Sterilisierungszyklen die physikalischen und mechanischen Eigenschaften von Polymerprodukten bedeutend schlechter.

Anwendungsbereich. Infolge der Möglichkeit wiederholter Sterilisierung und geringer Toxizität werden aus Polycarbonat wiederverwendbare Spritzen, Teile und Komponenten von medizinischen Vorrichtungen und Geräte, sowie orthopädische prothetische Produkte hergestellt.

Polyamid (PA) Dieses thermoplastische Material ist gegen eine aggressive chemische Umgebung widerstandsfähig, denn auf PA haben weder Wasser noch Alkalien oder Luft irgendwelche negativen Auswirkungen. Zu den Vorteilen des Polyamids gehören Korrosionsbeständigkeit, hohe mechanische Festigkeit, Härte, Elastizität (eine Dehnung von aliphatischem Polyamid von 100-400% ist möglich), Verschleißfestigkeit, Wärmebeständigkeit und die chemische Beständigkeit (in der Regel bei Raumtemperatur). [3]

Anwendungsbereich. Aus Polyamid werden Implantate, Teile und Komponenten von medizinischen Vorrichtungen und Apparaten und chirurgische Faden (Kapron, Nylon) gefertigt.

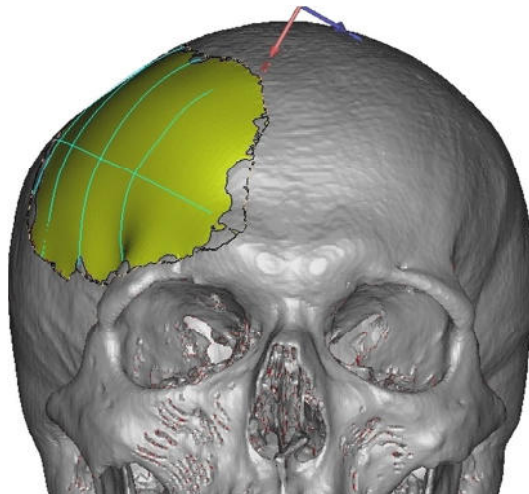


Abbildung 2 – 3D-Modell der biologisch abbaubaren Polymerimplantatversorgung für einen großen und komplexen kraniofazialen Defekt.

Die **synthetischen und biologisch abbaubare Polyester der PGA und PLA-Familie** sind Materialien, deren Zusammensetzung eine Art von Säurerest enthalten kann, dabei ist sowohl PGA, PLA als auch deren Kombination in unterschiedlichen Anteilen gemeint. Die besten Ergebnisse erhält man von Copolymeren [PLA) - PLA [PGDLA). Je nach Anteil der Säuren können sich die Eigenschaften des Produkts, wie Flexibilität, Festigkeit, Zeit des biologischen Abbaus usw., verändern. [4]

Anwendungsbereich. In der medizinischen Praxis werden aus den Polymeren PGA und PLA Nahtmaterial, Verstärkungsstrukturen und herminoplastische Netze erzeugt. [5] Copolymeren können als Matrixmaterial für die Erstellung von Gewebe-Engineering-Design für Muskeln, Knorpel, Knochen und Epithel dienen. Sie werden oft verwendet, um die Defekte von Knochen und Knorpeln in der klinischen Praxis wiederherzustellen.

Tabelle 1. Eigenschaften von biologisch abbaubaren Polyestern

Typ des abbaubaren Polyesters	Festigkeit	Abbauzeit
Poly(Glykolsäure), PGA	7,0 GPa	6-2 Monate
Poly(l-Milchsäure), PLLA	2,7 GPa	>24 Monate
Poly(d, l-Milchsäure), PLDA	1,9 GPa	12-16 Monate
Poly(d, l-Milchsäure-co-Glykolsäure)(85/15), PDLGA85/15	2,0 GPa	Von 1-2 bis 5-6 Monate

Schlussfolgerungen

1. In einem großen Spektrum von Metall-Ersatz-Polymer-Materialien gibt es ein bedeutendes Ressourcenpotenzial.
2. Die Kosten von biologisch abbaubaren Polymeren sind immer noch relativ hoch, deshalb sollte man keine schnelle Verdrängung der gewöhnlichen Polymere durch Biopolymere erwarten.
3. Um Eigenschaften, wie die Mechanisch- und Barriereigenschaften von Biopolymeren zu verbessern, ist die Nanotechnologie weit verbreitet.

Quellenverzeichnis

1. David Parker, Jan Bussink, Hendrik T., та ил. "Polymers, High-Temperature". Ullmann's Encyclopedia of Industrial Chemistry (online version). Wiley-VCH, Weinheim, 2012.
2. B. Siewert, M. Parra, Eine neue Werkstoffklasse in der Zahnmedizin, PEEK als Gerüstmaterial bei 12-gliedrigen implantatgetragenen Brücken. Z Zahnärztl Implantol 2013;29:148–159. Abgerufen am 13. Juli 2015.
3. Dautova A. Herstellung von medizinischen Instrumenten aus Metall-Ersatz Polymermaterialien . Übersicht / A. Dautova, V. Yanov, LA Zenitova // Vestn.KTU. - 2012. - V. 15, Nummer 8 - S. 87-92.
4. A. Volkov Synthetische Biomaterialien auf Basis von Polymeren von organischen Säuren in Gewebe-Engineering. Zelluläre Transplantation und Tissue Engineering №2 2005.
5. Carvalho R.A., a.o, Virtual Modelling and Rapid Manufacturing-Advanced Research in Virtual and Rapid Prototyping (London, Great Britain; Taylor & Francis Group (2005): 97-102).

UDK: 621.9.048

Nikita Zylov, Betreuer: V. Frolov.

FAKTOREN, DIE DIE EFFIZIENZ DES GLEITSCHLEIFENS BEEINFLUSSEN

Aufgabenstellung

Die Aufgabe dieser Arbeit ist die Suche und Optimierung der entscheidenden Faktoren des Verfahrens des Gleitschleifens. Als Vorteile des Verfahrens gelten die relative Einfachheit und die Multifunktionalität des Schleifgeräts. Der Nachteil ist, dass der Schleifprozess bis zu 20 Stunden dauern kann. Dennoch kann der Vorgang für jede bestimmte Forderung optimiert werden.

Vorüberlegungen

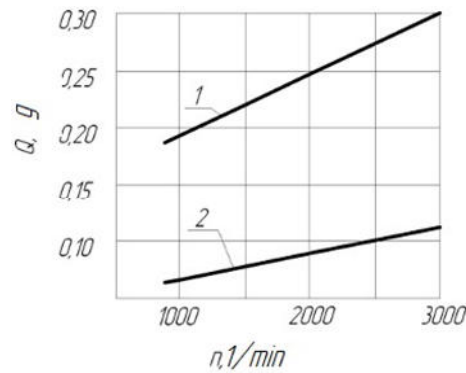
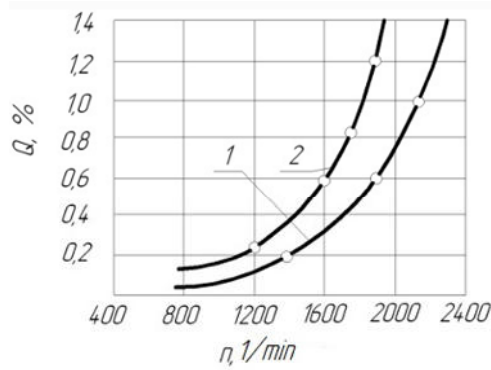
Das Gleitschleifen kann folgendermaßen definiert werden: «Gleitschleifen, auch unter dem Namen Trowalisieren bekannt, ist ein ungezielt wirkendes, mechanisch-chemisches Entgratverfahren». [1] Der Kern dieses Verfahrens besteht darin, dass ein Werkstück und ein Schleifkörper in einen Behälter gelegt werden. Dieser Behälter wird erzwungenen Schwingungen ausgesetzt. Zwischen den Stücken und den Schleifkörpern befindet sich meist noch ein zusätzlicher Stoff in wässriger Lösung (ein sogenannter Compound) zur Modifikation des Abtragungseffekts, der vor allem die Kanten des Werkstücks angreift. Prinzipiell wird beim Gleitschleifen die gesamte Werkstückoberfläche bearbeitet. Neben der Schleifkörpergeometrie wirkt sich hauptsächlich die Andruckkraft eines Schleifkörpers stark auf das Werkstück und auf dessen Zerspanung aus.

Amplitude, Schwingung und Bewegung

Bei der Suche nach den optimalen Bedingungen im Gleitschleifvorgang, um die Materialabtragung einzuschätzen, sind viele Forscher der Meinung, dass die Materialabtragung mit Zunahme der Amplitude und Schwingungsfrequenz zunimmt. Die folgenden Grafiken stammen aus der Arbeit von Mitzik. [2]

1. Verhältnis der Massen

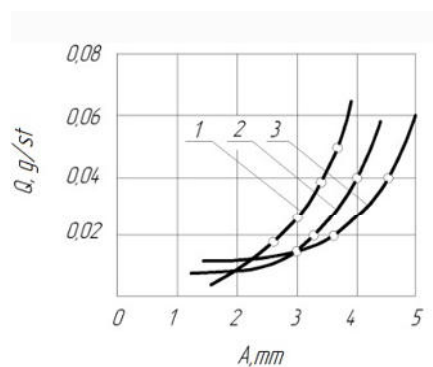
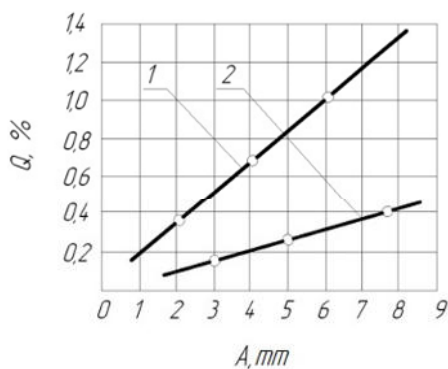
Eine entscheidende Rolle bei der Erhöhung der Effizienz des Vorgangs spielt die relative Geschwindigkeit, die jedoch von der Amplitude, Schwingungsfrequenz, elliptischen Koeffizient der Bahnkurve und dem Verhältnis der Masse von sowohl dem Werkstück als auch dem Schleifkörper abhängt. Experimentell ist nachgewiesen, dass je größer Verhältnis der Massen ist, desto höher ist die relative Geschwindigkeit.



1 – A 3,0 mm; 2 – A 4,0 mm

1 – 1.0503(Ct 45) ; 2 – 100Cr6

Abb.2 Das Verhältnis der Abtragung des Materials Q von der Schwingungsfrequenz n



1 – $\varnothing 25CMK$, Dimensionen von Schleifkörpern 5...15 mm;

1 – Schwerpunkt des Behälters liegt direkt auf der Achse des Vibrationsmotors;

2 – AH-2, Dimensionen von Schleifkörpern 5...25 mm

2 – Abweichung 70 mm; 3 – Abweichung 180 mm

Abb.3 Verhältnis der Abtragung des Materials Q von der Amplitude A .

2. Härte der Werkstücke

Die Härte des Materials der Werkstücke beeinflusst sowohl die Produktivität als auch die Oberflächenqualität. Je härter das Material des Werkstücks ist, desto niedriger ist die Tiefe der Bearbeitung bei einer gleichzeitig niedrigen Rauigkeit.

3. Eigenschaften der Schleifkörper

Wichtige Eigenschaften der Schleifkörper sind das Gewicht, die Größe, sowie die Form und Härte der Schleifkörper. Während der Bearbeitung schlagen die Körper das Werkstück mit einer bestimmten Schlagkraft, die im Verhältnis zum Gewicht steht. Einerseits erfolgt aus einer Vergrößerung des Gewichts eine höhere Materialabtragung. Andererseits verschlechtert sich deswegen die Qualität des Vorgangs und es verringert sich die relative Geschwindigkeit. Experimentell nachgewiesen ist, dass für die Vorgänge mit großer Materialabtragung (Entzünden, Entgraten) entsprechend größere Schleifkörper empfohlen werden. Für die feinere Bearbeitung sind leichte Schleifkörper geeignet.

„Die Form des Schleifkörpers hat nur geringen Einfluss auf die Leistung des Vorgangs. Doch die Form muss berücksichtigt werden, wenn schwer erreichbare Flächen verarbeitet werden sollen.“
[3]

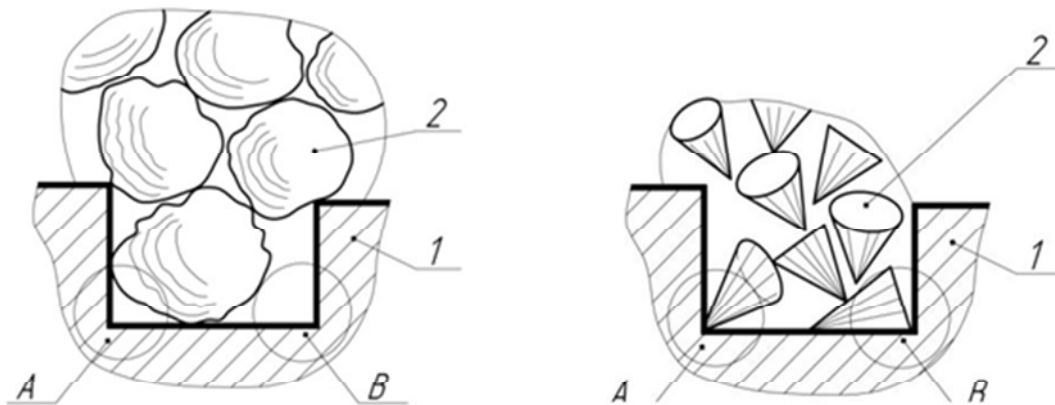


Abb.4 Optimale Form der Schleifkörper für die Bearbeitung: A,B – schwer erreichbare Flächen des Werkstücks. 1 – Werkstück, 2 – Schleifkörper.

Die Granulierung (Kornfeinheit) des Schleifkörpers spielt eine wichtige Rolle, wenn man die Produktivität und Oberflächenqualität betrachtet. Einerseits haben großkörnige Schleifkörper wenige Kontaktpunkte, obwohl sie eine entsprechende Größe besitzen. Deswegen findet der Vorgang der Mikrotrennung in der Tiefe statt und läuft aktiv ab. Andererseits haben feinkörnige Körper deutlich mehr Kontaktpunkte und eine geringere Tiefe beim Mikrotrennen. Die feinkörnigen Körper fördern eine bessere Oberflächengenauigkeit.

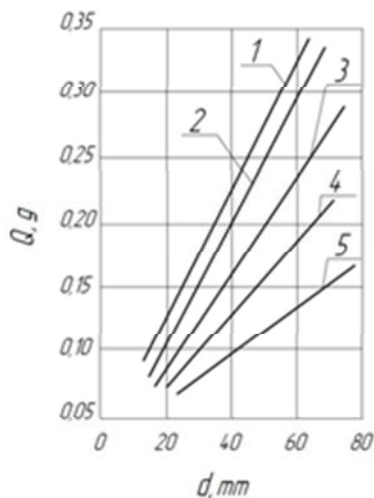


Abb.5 Verhältnis der Abtragung des Materials Q von den Dimensionen d des Schleifkörpers.

1 – USt 37-2; 2 – C45; 3 – 1.1545(C105W1); 4 – GG15; 5 – K40-2

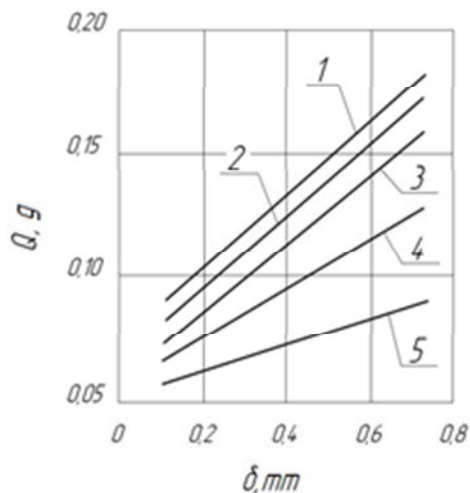


Abb.6 Verhältnis der Abtragung des Materials Q von der Größe der Kerne der Schleifkörper.

4. Compounds (Reaktionsfreudige Flüssigkeiten)

Compounds haben einen unterschiedlichen Einfluss auf den Vorgang des Gleitspannens. In einigen Fällen gehen die Compounds eine Reaktion mit der Oberflächenschicht des Materials ein; das verändert die Eigenschaften und infolge dessen erhöht sich die Effizienz des Vorgangs. Außerdem können einige Compounds nach dem Kontakt mit dem Material eine Oberflächenschicht bilden, die mithilfe der Schleifkörper gelöst wird. In anderen Fällen können die Compounds Stoffe erhalten, die helfen, trennende (schneide) Eigenschaften der Schleifkörper wiederherzustellen und gleichzeitig den entstehenden Staub abzutragen. Es kann zusammengefasst werden, dass die Verwendung des Compounds die Effizienz des Verfahrens erhöht.

Quellenverzeichnis

- [1] Deutscher Normenausschuss: DIN 8589, Teil 17: Gleitspanen. Einordnung, Unterteilung, Begriffe, Dezember 1985.
- [2] Mitzik, A.: Povyshenie effektivnosti obrabotki krupnogabaritnykh ploskotnykh izdeliy aktivizatsiei dvizheniya rabochey sredy v koleblyoshikhysya „U“ – obraznykh konteynerakh: Dissertation, Charkiw, 2008.
- [3] Kartashov, I.: Obrabotka detaley svobodnymi abrazivami v vibriruyushikh rezervuarakh, Kiew, 1975.

Zusammenfassung der wissenschaftlichen Forschungen des 3. Studienjahres

Rostyslav Bohomaz – Wirkung der Funkendotierung auf die Mikrohärtigkeit des Materials

Maryna Bosiaha – Einfluss der mechanischen Aktivierung der Nanopulvermischungen $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$ auf ihre Strukturmorphologie

Wladyslaw Cholodow – Das Problem der Synthese von Borcarbid mit Nanogrößen. Die Wahl des Syntheseverfahrens von B_4C

Tetiana Hryhorchuk – Verbesserung der Mo-Legierungen durch ein Zulegieren von Si, B, Al, Zr und C

Olha Jewtuschk – Zur automatisierten Projektierung von Formscheidern

Ihor Kaliahin – Innovative Technologien des Lichtbogenschweißens (Löten) – Das MIG / MAG-Verfahren

Jegor Kozlovets – Einfluss des Ultraschalls auf die Pulverisierung der Sinter von kryochemischen Pulvern Al_2O_3 .

Ivan Lut – Der 3D-Druck im Maschinenbau. Die Leistungserhöhung von FDM-Druckverfahren. Das Zweischicht-Druckverfahren.

Viacheslav Muravets – Entwurf technologischer Operationen der Bearbeitung von Bohrlöchern durch Bohren

Dmytro Naku – Wahl des Verarbeitungsmodus für die erforderliche Qualität der Oberflächenschicht des Bauteils beim Kugelstrahlen

Vladislav Rozanov – Die Bestimmung des Spannungsdehnungsverhaltens von der Schaufel des schreitenden Baggers

Oleksandr Savysko – Zur geometrischen Modellierung des biomechanischen Systems „Zahn – Kieferknochen“

Oleksii Solntsev – Systematischer-morphologischer Ansatz bei der Entwicklung vom mechatronischen System „Bionik-Manipulator“

Maksym Spiridonov – Fragen der Zerspanung von kohlenfaserverstärkten Kunststoffen

Vladyslav Toporin – Entwurf der technologischen Operationen des spitzenlosen Schleifens

Anton Yakhno – Die Benutzung der CAD-Systeme bei der Entwicklung der Prototypen der Parallelkinematikmaschinen

Andrii Zakharchuk – Laserformung

Oleksandr Zubko – Die Auswahl der Schneidbedingungen mit der Hilfe künstlicher Neuronetze

UDK: 621.9.048.4

Rostyslav Bohomaz, Betreuer: E. Ivashchenko.

WIRKUNG DER FUNKENDOTIERUNG AUF DIE MIKROHÄRTE DES MATERIALS

Als Objekt der Forschung wird die Funkendotierung gewählt. Unter einer Funkendotierung versteht man eine Dotierung, die mit elektrischem Strom durchgeführt wird. Mithilfe einer derartigen Dotierung ist es möglich, die mechanischen Eigenschaften der Oberflächenlage zu verändern.

Dieser Vortrag veranschaulicht die Hauptgrundlagen der Funkendotierung. Auch die Vor- und Nachteile dieser Dotierung werden vorgestellt. Die Wirkung der Funkendotierung wird durch die Veränderung der Mikrohärtte erforscht. Als Hauptmaterial wird der Stahl45 genommen und es wird mit der Anode T15K6 legiert. Stahl45 ist ein Stahl, der überwiegend für Details benutzt wird, die eine hohe Festigkeit erfordern. T15K6 ist ein Hartmetall, mit dem man das Hauptmaterial verfestigen kann. Das Legieren des Stahles wird anhand der Anlage „Elitron-22A“ manuell durchgeführt. Das Gefüge und die Mikrohärtte des legierten Überzuges werden unter dem Mikrohärttemesser „PMT-3“ erforscht.

Erstens ist zu betonen, dass die Funkendotierung eine Methode des lokalen Legierens ist. Deswegen lässt sich diese Dotierung überwiegend bei der Reparatur bestimmter Maschinenteile benutzen und dabei können dem Werkstoff neue Eigenschaften gegeben werden. Zweitens hängen verschiedene zugegebene Eigenschaften nach der Funkendotierung von der Wahl des Anodenmaterials ab. Drittens wurde herausgefunden, dass das Gewicht ein derartiges Legieren mit einer hartmetallbestückten Anode die Mikrohärtte um viermal erhöht. Dabei weist der legierte Überzug eine starke Adhäsion auf, ein Hauptmaterial, das durch die Methode der Funkendotierung entsteht. Bemerkenswert ist, dass das Gewicht des Probestücks innerhalb des Legierens bis auf ein tausendstel Gramm genau fast unverändert war. Die Schichtstärke fluktuiert von 7 µm bis 25 µm.

Zusammenfassend kann man sagen, dass die Funkendotierung eine einfache und nicht energieverbrauchende Oberflächenbehandlung ist, die sogar manuell durchgeführt werden kann. Dazu tragen verschiedene Eigenschaften bei, deren Art und Erhöhung vom Anodenmaterial abhängen. Das kann man anhand des Beispiels der vergrößerten Mikrohärtte nach der Dotierung bemerken. Außerdem bleibt das Gewicht des Hauptmaterials konstant, falls es mit Hartmetall behandelt wird.

Quellenverzeichnis

1. Pribory i metody fizicheskogo metallovedeniya. Pod red. F.Veynberga. Vyip.1-M.: Mir,1973.-427 s.
2. Fizicheskoe metallovedenie. Pod redaktsiey R. Kana, vyipusk 2. - M.: Mir, 1968 - 490 s., il.
3. Bogomolova N.A. Prakticheskaya metallografiya: Uchebnik dlya tehn. uchilisch. - 2-e izd., ispr. - M.: Vyssh. shkola, 1982. - 272 s., il. - (Proftehobrazovanie. Metallografiya, metallovedenie).
4. http://metallischekiy-portal.ru/articles/obrabotka/elektro-erozionnaya/tipovie_operacii/9

UDK 538.9

Maryna Bosiaha, Betreuer : Ya. Yaulychnyy, V. Ilkiv, Y. Yavorskyi, O. Dudka, V. Zarko, M. Karpetz, O. Popovych

EINFLUSS DER MECHANISCHEN AKTIVIERUNG DER NANOPULVERMISCHUNGEN SiO₂/Al₂O₃ AUF IHRE STRUKTURMORPHOLOGIE

Die Untersuchungen der Abhängigkeit der Energieverteilung der valenten Elektronen [1-2] haben die Abschnürung der Verteilung der O2p-nichtbindenden Elektronen wegen des Dispergierens dieser Werkstoffe zu Nanogrößen gezeigt. Eine Vergleichsanalyse von den OKa-, SiLa- und AlLa-Emissionsspektren der Mischungen $x\text{-Al}_2\text{O}_3 + y\text{-SiO}_2$ vor und nach der mechanischen Aktivierung [3] hat gezeigt, dass die Besetzung der Op-Zustände des Sauerstoffs in den mechanisch aktivierten Mischungen durch den Übergang der Elektronen von den Silizium- und Aluminiumkationen gestiegen ist. Dabei erhöht sich die Besetzung in den Verbundwerkstoffen aus $0,2\text{Al}_2\text{O}_3 + 0,8\text{SiO}_2$ durch das Auffüllen der Op π -Zustände, und bei der Erhöhung des Anteils des Aluminiumoxids in $0,3\text{Al}_2\text{O}_3 + 0,7\text{SiO}_2$ nimmt die Besetzung auch durch das Auffüllen der hochenergetischen nichtbindenden Op-Zustände ab. Darum ist es sehr wichtig, den morphologischen Aspekt der Wechselwirkung zwischen den Nanoteilchen aufzuklären. Dazu sollen die Ergebnisse der Elektronenmikroskop-Analyse der Morphologie der Nanoteilchen von konventionellen und mechanisch aktivierten Mischungen mit verschiedenen Komponentenverhältnissen verglichen werden. Durch einen Vergleich der SEM-Aufnahmen mit einer Vergrößerung von x1000 der konventionellen Mischung sa20z und der Mischung nach der mechanischen Aktivierung sa20m (Abbildung 1 a, b) wird die Bildung kontinuierlicher Agglomerate mit verschiedenen Formen und Größen nachgewiesen. Im Gegensatz zu konventionellen Mischungen enthalten die Agglomerate laut der durchgeführten chemischen Punktanalyse gleichzeitig Silizium und Aluminium (Tabelle 1).

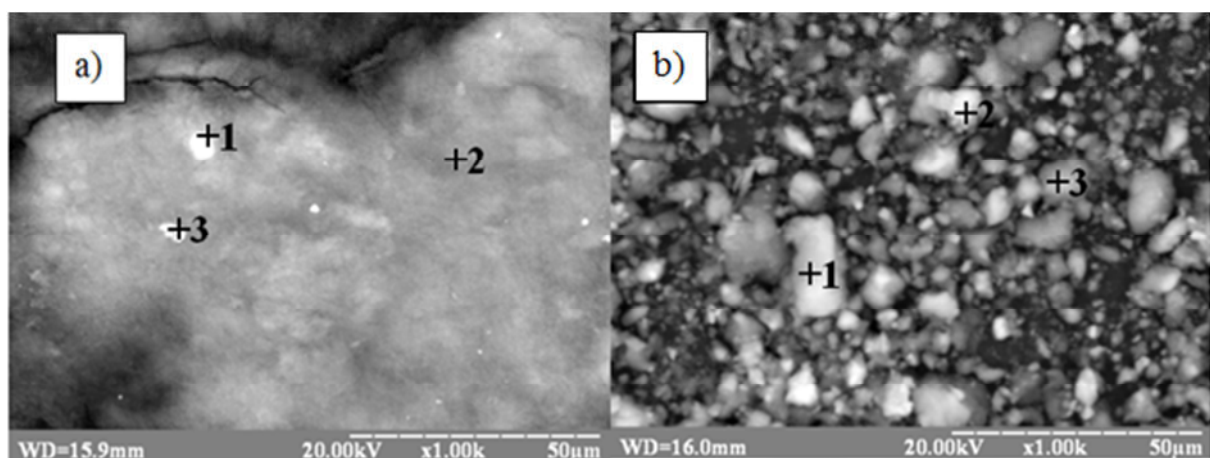


Abbildung 1. SEM-Aufnahmen und Punkte der chemischen Analyse sa20z(a), sa20m(b) mit der Vergrößerung x1000

Tabelle 1. Zusammensetzung, Herstellungsverfahren und chemische Analyse.

Untersuchungs- objekt	Zusammensetzung, der Proben, %	Herstellungsverfahr- en	Anteil des Elements laut der chemischen Analyse			
			Al	Relativer Fehler, %	Si	Relativer Fehler, %
sa20z	20% Al_2O_3 +80% SiO_2	konventionelle Mischung	17,3	5,6	78,7	4,4
sa20m	20% Al_2O_3 +80% SiO_2	mechanische Aktivierung	21,9	6,2	78,1	3,5
sa30z	30% Al_2O_3 +70% SiO_2	konventionelle Mischung	27,8	6,8	72,2	4,8
sa30m	30% Al_2O_3 +70% SiO_2	mechanische Aktivierung	28,2	6,3	71,8	3,9
sa75z	75% Al_2O_3 +25% SiO_2	konventionelle Mischung	74,1	4,8	25,9	9,8
sa75m	75% Al_2O_3 +25% SiO_2	mechanische Aktivierung	76,8	4,4	23,2	13,6
Relativer Fehler	5%					

Die gleiche Umgestaltungen werden in Mischungen mit anderen Komponentenverhältnissen beobachtet. Mit der Erhöhung des Anteils der Al_2O_3 in konventionellen Mischungen vermehrt sich auch der Anteil der hellen Teilchen und in den mechanisch aktivierten Verbundwerkstoffen werden die großen strukturierten Agglomerate mit scharfen Grenzen gebildet, die auch gleichzeitig Aluminium und Silizium enthalten. Aus dem oben beschriebenen folgt, dass die zwischenatomare Wechselwirkung zwischen den Nanoteilchen infolge der mechanischen Aktivierung wesentlich von der Beziehung der Komponenten in der Mischung abhängt. Das wird sowohl an der Veränderung der Energieverteilung der valenten Elektronen, als auch an der sich aus der mechanischen Behandlung ergebenden Agglomeratmorphologien sichtbar.

Quellenverzeichnis

- [1] O.O. V.M. Foya, V.I. Hunko, I.F. Zarko, T.V. Myronyuk, V.L. Herhel, Physics and Chemistry of Solid State, T. 9, 767, 2008.
- [2] Ya.V. Zaulychnyy, V.Ya. Ilkiv, V.I. Zarko, M.V. Karpetz, M.V. Pereginiak, S.S. Petrovska, V.M. Gun'ko, Chem. Phys. Technol. Surf., 5, 136, 2014.
- [3] V.M. Gun'ko, V.Ya. Ilkiv, Ya.V. Zaulychnyy, V.I. Zarko, E.M. Pakhlov, M.V. Karpetz, Journal of Non-Crystalline Solids, 403, 30, 2014.

UDK: 620.22+546.07+541.18

Wladyslaw Cholodow, Betreuer: P. Loboda.

DAS PROBLEM DER SYNTHESE VON BORCARBID MIT NANOGRÖSSEN. DIE WAHL DES SYNTHESEVERFAHRENS VON B_4C

Dank besonderer Härte und Zähigkeit, niedriger Dichte, guter Elastizität und einer hohen Schmelztemperatur imponiert Borcarbid den Chemikern, Physikern, Materialwissenschaftlern und anderen Fachleuten. Heutzutage steigert sich das Interesse dafür wegen des Bedarfs an Panzermaterialien, thermoelektrischer, biologischer und strahlungsbeständiger Materialien, die auf Borcarbid beruhen. [1] Für die Darstellung des Borcarbides nutzt man eine direkte Synthese aus den Elementen, metallothermische Entoxydation von Boroxid mit Magnesium in Gegenwart von Kohlenstoff und verschiedene Varianten der Gasphasen-Wechselwirkung. Es gibt ein Problem mit den verschiedenen Fraktionen von Pulver. Gibt es eine große Fraktion an Borcarbid-Pulver, hat das Pulver eine niedrige Pressbarkeit. Um eine gute Pressbarkeit zu erhalten, muss das Pulver kleiner als $1\text{ }\mu\text{m}$ sein. Das ist sehr wichtig für Herstellung der Panzermaterialien, die eine sehr gute Pressbarkeit haben müssen.

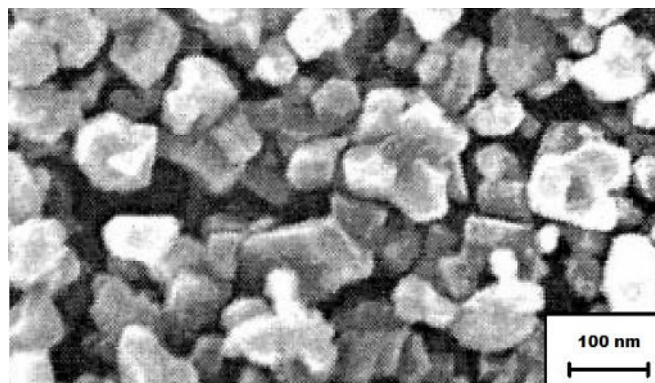


Abbildung 1. Borcarbidpulver mit Partikelgröße $<1\text{ }\mu\text{m}$ (Das Bild wurde mithilfe eines Rasterelektronenmikroskops (REM) erhalten)

Nur drei Methoden wurden gefunden, mit deren Hilfe man die nötige Fraktion von Borcarbidpulver erhalten kann. Die folgenden Methoden sind passend für Herstellung vom Mikro- und Nanopulver:

- Synthese der amorphen Ausgangs-Pulver von B und C in Argonatmosphäre bei 1823 K; die Größe der erhaltenen Pulver liegt im Intervall von 15 bis 350 nm und die Mittelgröße beträgt $\sim 200\text{ nm}$;
- Carbothermische Synthese der Mischung aus Boroxid und amorphem Kohlenstoff im Vakuum bei 1573-1773 K; man bekommt ein Pulvergemisch, das aus amorphem und kristallinem B_4C besteht; die erhaltenen Nanopartikeln haben eine Größe von 70 bis 260 nm;
- Hochdrucksynthese ($T=873\text{ K}$, $t=8\text{ h}$) mit Ausnutzung der Pulver aus amorphem Bor, flüssigem CCl_4 und metallischem Lithium (als Desoxidationsmittel); man erhält nanokristallische Pulver aus B_4C mit Korngrößen von 15 bis 40 nm.

Quellenverzeichnis

[1] P.S. Kislyy, M.A. Kusenкова, N.I. Bondarchuk, B.L. Grabchuk. *Karbid Bora*. Naukova dumka, Kiev, 1988, s.30-52, 55-81.

UDK: 621.762.53

Tetiana Hryhorchuck, Betreuer: I.Bogomol.

VERBESSERUNG DER MO-LEGIERUNGEN DURCH EIN ZULEGIEREN VON SI, B, AL, ZR UND C

Heutzutage ist eine große und gleichzeitig steigende Nachfrage nach Strukturwerkstoffen, deren Einsatz bei extrahocher Temperatur oberhalb von 1100°C in der Weltraum- und Energietechnik möglich wäre, zu beobachten. Das Fehlen von neuen Hochtemperaturwerkstoffen ist die Hemmschwelle einer schnellen Entwicklung im Bereich des Turbinenbaus. [1-2] Das Einsetzen der derzeit im Hochtemperaturbereich von stationären Gas und Flugzeugturbinen verwendeten Nickelbasissuperlegierungen ist bei dauerhaften Belastungen auf Temperaturen bis 1100°C begrenzt. Einer der Werkstoffe, die Ni-Basislegierungen ersetzen können, sind Mo-Legierungen. [3] Durch die Bildung des bei höheren Temperaturen flüchtigen MoO₃-Oxids sind sie meistens nur mit beschichteter Oberfläche oder unter schützender Atmosphäre einsetzbar. Aber die Oxidationseigenschaften der Mo-Legierungen können durch ein Zulegieren von Si und B [4], Al [5], Zr oder C [6] verbessert werden, weil es zur Bildung intermetallischer Phasen führt, die durch die Bildung der Glasschicht die Legierungsoberfläche vor Sauerstoff schützen können. Das größte Problem ist dabei die Legierung mit einer feinkörnigen Mikrostruktur kostengünstig zu erzeugen. Der leichteste Weg eine Legierung herzustellen, ist die Schmelzmetallurgie. Dabei führt der große Unterschied zwischen den Schmelzpunkten des Molybdäns und der intermetallischen Phasen zur Bildung von primären Mo-Mischkristall-Inseln. Eine optimale feinkörnige Struktur der Mo-Si-B-Legierung wurde erstmals im Jahr 1997 von Berczik durch das Zerstäuben der Legierungsschmelze erzeugt. [7] Hierfür sind nur Helium oder Wasserstoff geeignet, weil nur diese Gase die benötigten hohen Abkühlgeschwindigkeiten der Pulverpartikel gewährleisten können. Darum ist dieses Verfahren durch hohe Investitionskosten unrentabel. Eine alternative Technologie zur pulvermetallurgischen Prozessroute ist das Zonenschmelzen (ZM). Dieses Verfahren wird erst seit kurzer Zeit für die Herstellung der Mo-Si-B-, Mo-ZrC- und Mo-Al-Legierungen angewendet, hat aber schon ein gutes Potenzial gezeigt. Auf Abbildung 1 ist ein Flussdiagramm zur Herstellung von ZM (Mo-ZrC oder Mo-Al) Mo-Si-B-Legierungen dargestellt. Der Herstellungsprozess besteht aus

der Vorbereitung der Pulver und aus dem nachfolgenden Pressen und Zonenschmelzen der Mo-Si-B-, Mo-Al- und Mo-ZrC-Stäbe.

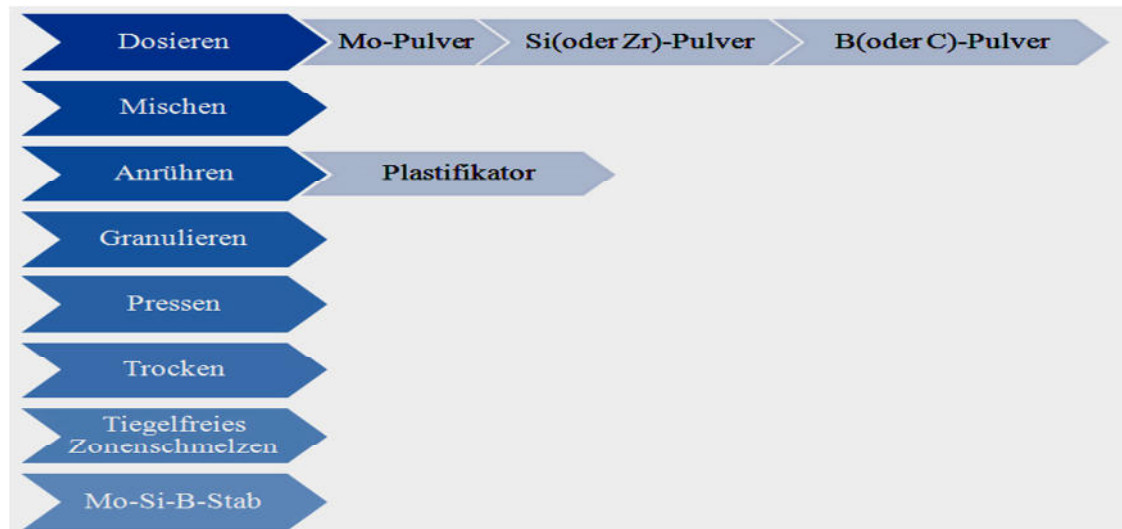


Abbildung 1 - Flussdiagramm zur Herstellung von ZM (Mo-ZrC oder MoAl-) Mo-Si-B-Legierungen

Zurzeit werden nur die Mo-8,7Si-17,4B- und Mo-27ZrC-Legierungen untersucht, deren Mikrostrukturaufnahmen auf Abbildung 2 dargestellt wurden.

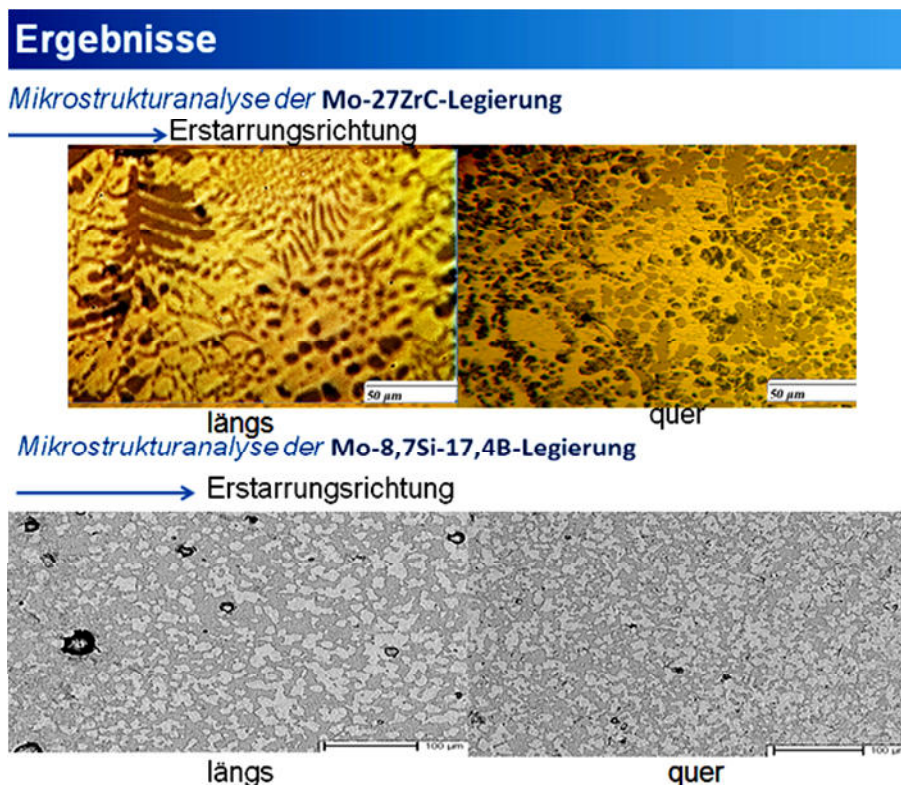


Abbildung 2 - Mikrostruktur der Mo-8,7Si-17,4B(Mo-27ZrC)-Legierungen

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass die Mo-8,7Si-17,4B- und Mo-27ZrC-Legierungen mithilfe des Zonenschmelzens produziert wurden. Diese Legierungen sind eutektisch, das lässt ein feinkörniges Gefüge erzeugen und gewährleistet die Zunahme der Festigkeit und eine gute Oxidationsbeständigkeit. Als weitere Untersuchungen sind die Bestimmung der mechanischen Eigenschaften und die Oxidationsbeständigkeit der zonengeschmolzenen Mo-8,7Si-17,4B- und Mo-ZrC-Legierungen geplant.

Zusammenarbeit mit V. Bolbut und E. Abdullajeva

Quellenverzeichnis

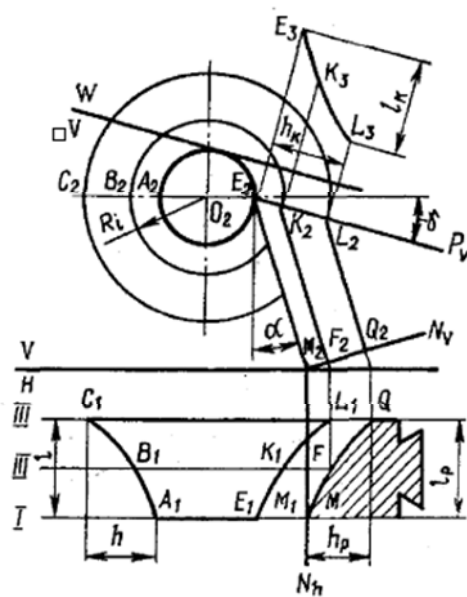
- [1] Albeit, H.J., Norton, J.T., Isothermal Sections in the Systems Molybdenum-Tungsten-Carbon and Molybdenum-Titanium-Carbon (in German), Planseeber. Pulvermetall., 4(1), 2-6 (1956) (Experimental, Phase Diagram, Phase Relations, Crys. Structure, 1).
- [2] Landolt – Börnstein, New Series IV/ II E2 DOI : 10.1007/ 978 – 3 – 642 – 02700 – 0_31 ©Springer 2010.
- [3] Lemberg, J.A., Ritchie, R.O, Mo-Si-B Alloys for Ultrahigh-Temperature Structural Applications, 2012 WILEY-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA, Weinheim, DOI: 10.1002/adma.201200764.
- [4] Krüger, M., Jain, P., Kumar, K. S., Heilmaier, M., Intermetallics, vol. 48, pp.10–18, 2014.
- [5] Bancel, P. A. , Heiney, P. A., Phys. Rev. B, 33, 7917-7222 (1986).
- [6] Suzuki, T., Matsumoto, H., Naoyuki, N., Shuji, H., Microstructures and fracture toughness of directionally.
- [7] solidified Mo-ZrC eutectic composites, Science and Technology of Advanced Materials 3(2002), 137-143.
- [8] Berczik, D. M., U.S. Patents 5,595,616 und 5,693,156, East Hartford, United Technologies Corp. (1997).

ZUR AUTOMATISIERTEN PROJEKTIERUNG VON FORMSCHNEIDERN

Heutzutage gewinnen die Methoden der computergestützten Projektierung von den Erzeugnissen und von den technologischen Fertigungsprozessen immer mehr an Wert, was die Erhöhung der Arbeitsleistung und der Qualität von Projektierung gewährleistet. Bei der mechanischen Bearbeitung spielt das schneidende Werkzeug eine wichtige Rolle, dessen Fertigungsqualität einen entscheidenden Einfluss auf die Qualität des gefertigten Bauteils hat. Das Ziel des Artikels ist die Betrachtung von Aspekten wie Typen von Formschnidern und einzelnen Methoden der Projektierung. Jedoch hängt die Qualität des Werkzeugs nicht nur von dessen Fertigungsqualität ab, sondern auch von seiner Projektierungsqualität. Formschnider und Fräser gehören zum Spezialwerkzeug mit einem komplexen Profil des Schneidteils, dessen Projektierung mit der Ausführung von unübersehbarem Ausmaß der Rechnungsoperationen verbunden ist. Deswegen hat die Anwendung von CAD-Systemen in der Projektierung von Formschnidern breite Perspektiven für eine Verbesserung der Arbeitsleistung und der Projektierungsqualität bei Ingenieuren. Im Maschinenbau gibt es Teile von solchen Größen und solchen Fertigungsprozessen, bei denen die Verwendung von Fräsen, Räumen und Schleifen nicht geeignet ist. Stattdessen wird die Verwendung von Formschnidern bevorzugt. Die genau gefertigten und richtig auf Maschinen installierten Formschnider können eine hohe Arbeitsleistung, die Genauigkeit der Form (IT8...IT12) und der Ausmessungen der bearbeiteten Teile und eine Oberfläche mit $R_a = 0,63 \dots 2,5$ mkm garantieren. [1] Sie haben auch folgende Vorteile: niedriger Metalleinsatz, lange Betriebsdauer, Leichtigkeit von Schärfung und Nachschärfen, Fertigungsfreundlichkeit, ziemlich niedriger Preis und sie brauchen keine hohe Qualifikation von Arbeitskräften bei der Bedienung. Wenn man den Formschnidertyp wählt, muss auf die Formcharakteristiken des Teils, die Lage der Formfläche, die Maßhaltigkeit und den Zustand des technologischen Systems geachtet werden. Man benutzt einen prismatischen radialen Formschnider mit einem Basispunkt, einer geraden Verstärkungsbasis für die Bearbeitung der Außenformflächen mit erhöhter Genauigkeit, Steifigkeit und Zuverlässigkeit der Befestigung und für die Bearbeitung von hochgenauen Außenkegeln. Man benutzt einen zirkularen radialen Formschnider mit einem Basispunkt, gerader Verstärkungsbasis und mit einer Ringseitenlinie für Bearbeitung der Formschleife sowie inneren und äußeren geformten Oberflächen. Im folgenden Abschnitt befaße ich mich genauer mit den Methoden der Projektierung.

Die Methode der Profilierung des prismatischen radialen Formschneiders ist wie folgt:

1. Man wählt die vordere ebene Fläche als Nachschleifoberfläche, deren Position in den Ecken γ und λ festgestellt ist.
2. Man definiert die Schneidkante als Schnittlinie der Oberfläche des Teils und der Frontfläche.
3. Man schafft die hintere zylindrische Formoberfläche des Schneiders, deren Seitenlinien mit der Ecke α gezeichnet sind; die Schneidkante gilt als Führungslinie.
4. Man findet das Profil der Freifläche als deren Schnittlinie mit der Oberfläche N, die senkrecht zu der Seitenlinie ist. [Rodin P.R., S.226]

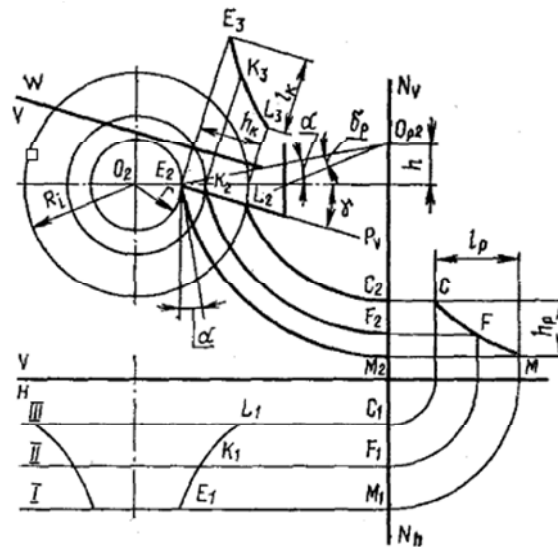


[Quelle: Rodin P.R., S.227]

1.1.Profilierung des prismatischen radialen Formschneiders

Die Methodik der Profilierung des zirkularen radialen Formschneiders ist wie folgt:

1. Man wählt die vordere ebene Fläche als Nachschleifoberfläche, deren Position in den Ecken γ und λ festgestellt ist.
2. Man definiert die Schneidkante als die Schnittlinie der Oberfläche des Teils und der Frontfläche.
3. Man schafft eine hintere Formoberfläche als Umdrehungsfläche der Schneidkante um die Werkzeugachse herum.
4. Man findet das Profil der Freifläche als deren Schnittlinie mit der Oberfläche N, die durch die Werkzeugachse geht. [Rodin P.R., S.228]



[Quelle: Rodin P.R., S.229]

1.1 Profilierung des zirkularen radialen Formschneiders

Als Schlussfolgerung kann man feststellen, dass die automatisierte Projektierung von Formschneidern ein sehr komplizierter Prozess ist. In meinem Artikel befasste ich mich mit der Entwicklung eines parametrischen Modells, das die Projektierung eines zirkularen radialen Formschneiders erheblich erleichtert.

Quellenverzeichnis

- [1] http://studopedia.ru/4_51142_proektirovanie-fasonnih-reztsov.html
- [2] Rodin P.R. „Grundlagen der Gestaltung Schneidwerkzeuge“

UDK: 621.791.3/.8

Ihor Kaliahin, Betreuer N. Strelenko.

INNOVATIVE TECHNOLOGIEN DES LICHTBOGENSCHWEISSENS (LÖTEN)

DAS MIG / MAG-VERFAHREN

Die schnelle Entwicklung der modernen Welt erfordert neue Technologien. Ein universelles Verfahren, um dauerhafte Verbindung zu erhalten, ist das Verfahren des Schweißens und verwandte Verfahren, z .B. das Löten. Diese bieten Bindungen, die zwischen den Atomen und intermolekularen Bindungen existieren, zwischen den Elementen des Produkts wenn sie erhitzt werden, oder während der plastischen Verformung. Heutzutage gibt es eine Reihe von Technologien zur dauerhaften Verbindung, von denen Lichtbogenschweißen (Löten) in Inertgasen (CMT- Verfahren, „Cold Metal Transfer“) besondere Aufmerksamkeit verdient. Diese Methode wurde für hochwertigen Stahl mit Aluminium-Verbindungen erfunden und solche Nähte haben trotz einer Schweißprozesssteuerung

sehr gute technologische Eigenschaften. Die CMT-Technologie hilft die Qualität der geschweißten (gelöteten) Anschlüsse für Konstruktionsmaterialien und Legierungen wie Aluminium und Magnesium zu gewährleisten. Das SMT-Verfahren wird weiter untersucht, um sein volles Potential zu erkennen. Es wird eine moderne Ausrüstung für das MIG / MAG-Schweißen (Löten) verwendet, das auf digitalen Invertern und hochdynamischer Stromversorgung basiert. Auch eine wichtige Rolle spielt die Drahtzuführung des umgekehrten Schweißbrenners. Die Technologie des „Cold-Übertragungsmetalls“ liefert Steuerübertragungsflüssigkeitstropfen vom Ende der Elektrode in die Flüssigkeit der Schmelzwand. Das passiert, sobald die Stromquelle einen Kurzschluss feststellt, dann wird der Rücklauf des Schweißdrahts mit einer gleichzeitigen Abnahme des Schweißstroms gehalten, wobei eine „Tropfenaufregung“ die Folge ist. Jede Sekunde gibt es 90 Veränderungen der „heiß“ und „kalt“ Phase, die eine Erwärmung des Produkts, das verschweißt ist, deutlich reduziert. Wärme kommt während einer kurzen „heißen“ Phase, wenn der Lichtbogen brennt, in das Metall. Beim Rückzug des kalten Drahts wird im Schmelzbad nur ein Tropfen Metall eingeführt. Das Ergebnis: Das Füllen der Lücke wird verbessert, es müssen keine Verformungen verwendet werden, praktisch hat man keine Aussprengungen und damit wird die weitere Bearbeitung nach dem Schweißen reduziert.

Folglich besteht der ganze Inhalt des SMT-Verfahrens in der synergetischen Kombination:

- gepulster Lichtbogen auf Kurzschluss
- Rückwärtsbewegung des Schweißdrahtes zum Abtrennen von Tropfen.



Bild 1. Technologie des Lichtbogenschweißens (Löten) mithilfe des CMT-Verfahrens

Andere Vorteile dieses Verfahrens:

- Das Verfahren ist nicht empfindlich bezüglich des Oberflächenzustands und der Schweißgeschwindigkeitsänderung, die den Wert der Spannungsänderung und damit die Länge des Lichtbogens definiert. Der Lichtbogen hat eine hohe Stabilität.

- Keine Spritzer beim Schweißen und Lötens.
- Garantiert erhebliche Überschneidungen in den Lücken zwischen den Teilen, die verschweißt werden.
- Bietet einen stetigen Prozess des Schweißens und Lötens durch mechanische Beobachtung des Bogens.
- Hohe Schweißgeschwindigkeit.

Eine digitale Steuerung der Schweißverfahren wird bei einem bestimmten Wert der Stromstärke (Spannung) durchgeführt und erreicht, wobei der Realwert oft von den Einstellwerten aufgrund verschiedener Faktoren abweicht. Die tatsächlichen Zahlen werden mithilfe eines digitalen Software-Programms verarbeitet und mit der Menge verglichen und sofort mit den Wertparametern des Schweißens (Lötens) korrigiert. Dies trägt zu einem leistungsfähigen Mikrocontroller bei, der alle Daten mit einer unglaublichen Genauigkeit verarbeitet. Das Ergebnis ist ein sehr stabiler Lichtbogen mit der Gelegenheit, Qualitätseigenschaften der Schweißverbindungen zu optimieren.

UDK: 621.762.222

Jegor Kozlovets, Betreuer : S. Rudenkiy.

EINFLUSS DES ULTRASCHALLS AUF DIE PULVERISIERUNG DER SINTER VON KRYOCHEMISCHEN PULVERN Al_2O_3

Eine Aufgabe, vor der die Ingenieurwissenschaft im Moment steht, ist die Konstruktions- und Funktionalmaterialien zu verbessern. Dabei können feindisperse und feinhomogene Pulver genutzt werden. Um ein ultradisperses Pulver, das die nötige chemische, granulometrische und Phasenzusammensetzung hat, herzustellen, kann die kryochemische Technologie genutzt werden. Leider sind diese Pulver nicht für die keramische Technologie nutzbar, obwohl mithilfe der Kryochemie Pulver mit großen spezifischen Flächen möglich sind, weil diese Pulver zur Sinterung geeignet sind. Deshalb ist es unmöglich, während der Anfertigung eine gleichmäßige Dichte und Struktur des Erzeugnisses mit üblichen Methoden zu erhalten. Folglich muss das Pulver vorbereitet werden, wofür sich verschiedene Methoden eignen, zum Beispiel die Ultraschalldispersion (USD). Während dieser Methode brechen die Pulverteilchen wegen der Kavitation und Interaktion mit anderen Teilchen, die sich mit den akustischen Flüssigkeiten bewegen. Obwohl reiche theoretische und experimentelle Daten zu dem Thema vorhanden sind, gibt es Aspekte, die noch nicht untersucht sind. Die Pulver von ZrO_2 mit einem Teilchendiameter von $d=8-10 \text{ mkm}$ zerbröckelten am besten in den ersten 30-40 Minuten – ihre Größe hat 4-5-mal abgenommen. Nach 60 Minuten betrug der Zerkleinerungsgrad bis zu 1,5. Während des Mahlens der Pulver von ZrB_2 , TiB_2 , TiC , ZrC und SiC ist deutlich geworden, dass der Mahlvorgang am besten in den ersten 5-10 Minuten abläuft, danach

verändert sich die spezifische Fläche nicht. Deshalb sollte die Ultraschalldispargierung der kryochemischen Pulver weiter untersucht werden. In der Arbeit wurde der Einfluss der Faktoren von der USD auf die spezifische Fläche und Größe der Sinter von den Pulvern Al_2O_3 , das mit der kryochemischen Technologie erhalten wurde, untersucht. Wie erhält man das Pulver Al_2O_3 ? Die Lösung $\text{Al}_2(\text{SiO}_4)_3$ mit einer Konzentration von 0,5 Mol/l wurde in flüssigem Stickstoff versprüht, dann wurden die Kryogranulate mit der Anlage TG-50 ausgetrocknet. Das ausgetrocknete $\text{Al}_2(\text{SiO}_4)_3$ wurde in einem Widerstandsofen ($T=1200-1300^\circ\text{C}$) ausgelegt. Die innere Struktur war fast die von regularen Monokristalle vom Typ $\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$, die mit dünnen Scheidewänden verbunden waren. Diese Struktur ist ein Sinter mit einem Mitteldurchmesser von $d=10-15$ mkm aus primären Teilchen mit $d=0,4-0,5$ mkm. Sie ist fest und reduziert sich nicht zu primären Monokristalen. Die Ultraschallauswertung wurde mit der Anlage UZDN-A (УЗДН-А) auf verschiedene Weise getätigt: Für jeweils 75 Minuten wurde die Probe in destiliertem Wasser, Azeton und Isopropylalkohol gelegt. Um der Sinterung zu entgehen, wurde Oberflächenaktivstoff ins Wasser zugegeben (bis 1% der Masse). Nach der USD wurde die erhaltene Suspension im Trockenschrank getrocknet. Die spezifische Fläche wurde mithilfe der Methode der Stickstoffadsorption vermessen. Mit den Ergebnissen der Messung der spezifischen Flächen berechnet man den Durchschnitt der Teilchen mithilfe der Formel:

$$d_{cp.} = \frac{60000}{\gamma \cdot S_{\pi}},$$

γ – die Dichte Al_2O_3 , g/cm^3 ;

S_{π} – spezifische Fläche, cm^2/g ;

Die Ergebnisse der Untersuchungen werden auf den Bilder 1 und 2 gezeigt.

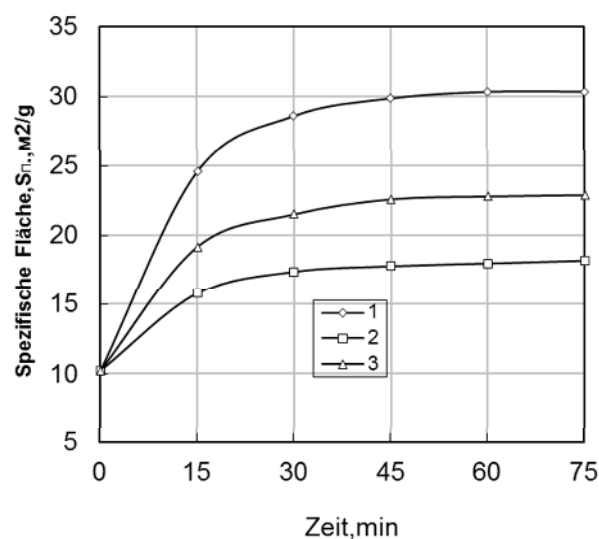


Bild 1. Die Abhängigkeit der Veränderung der spezifischen Fläche der Sinter Al_2O_3 im Verhältnis zu der Zeit des Ultraschalls im 1) Wasser; 2) Azeton; 3) Isopropylalkohol

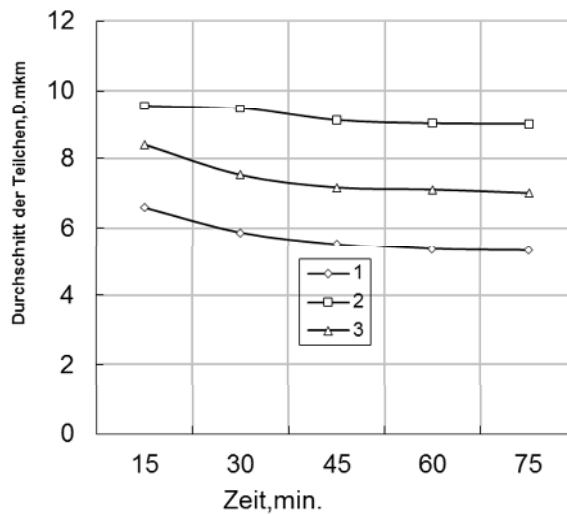


Bild 2. Die Abhängigkeit der Veränderung vom Durchschnitt der Teilchen Al_2O_3 von der Zeit des Ultraschalls im 1) Wasser; 2) Azeton; 3) Isopropylalkohol

Die Vergrößerung der spezifischen Fläche des Pulvers Al_2O_3 verläuft in den ersten 30 Minuten in allen untersuchten Umwelten gleich. Der höchste Zerkleinerungsgrad wurde im destilierten Wasser erreicht. Die volle Pulverisierung verläuft nicht während der USD, aber verändert die Form der Teilchen. Sie sind gleich schwer. Die Ursache der nicht völligen Pulverisierung der Sinter ist, dass es während des Trocknens zur teilweisen Reduzierung der Sinter kommt.

Zum Vergleich wurde im gleichen Verhältnis eine Untersuchung mit einem üblichen Pulver Al_2O_3 durchgeführt. Das Mahlen war nur in den ersten 15-20 Minuten intensiv und war nach einer Stunde beendet. Die Intensität des Mahlens war um 20 % geringer im Vergleich zum kryochemischen Pulver.

UDK: 608.2

Ivan Lut

DER 3D-DRUCK IM MASCHINENBAU. DIE LEISTUNGSERHÖHUNG VON FDM- DRUCKVERFAHREN. DAS ZWEISCHICHT-DRUCKVERFAHREN

Heutzutage wird es immer schwieriger, die Kundenanforderungen im Bereich Maschinenbau mit den existierenden Möglichkeiten zu befriedigen. Jeder möchte das benötigte Funktionsteil schneller, günstiger und ohne Qualitätsverlust bekommen. Handelt es sich um Kleinserienhersteller, sind das Gießen und die CNC-Bearbeitung zu teuer. Dabei bringt das 3D-Druckverfahren enorme Vorteile bezüglich Kosten und Flexibilität. Das am meisten entwickelte und verbreitete Druckverfahren ist FDM (Fused Deposition Modeling). Sein Hauptvorteil sind die

geringen Kosten. Dabei können auch sehr komplexe Teile hergestellt werden, auch solche, die CNC-Werkzeuge nicht herstellen können. Auch das FDM-Verfahren gibt uns die Möglichkeit, zwei und mehr Extrusiondüsen einzustellen, sodass man in der Lage ist, Objekte 2-farbig bzw. aus zwei verschiedenen Materialien zu drucken. Aber es gibt auch Nachteile. Leider kann Metall durch Plastik nicht völlig ersetzt werden. Zwei folgende Nachteile sind eng miteinander verbunden: Es geht um einen langsamen Festigungsprozess und eine raue Oberfläche. Bei der Schichtdickesenkung kann eine feinere Rauheit erreicht werden, aber das führt zu einer langen Druckzeit. Um diese Faktoren zusammenzufassen, wurde das 2SD (Zweischicht-Druckverfahren) Verfahren von mir erfunden. Die Oberfläche, die höhere Qualitätsforderungen hat, wird mit einer kleineren Schichtdicke, als andere Fläche und Bauteilinnere, gedruckt. Beispielsweise werden beim Zahnradruck die Oberflächen von Zähne und Fugenfläche mit 0.1mm Schichtdicke gedruckt, indem das restliche Teil 0,3mm Schichtdicke hat. Zur Erledigung dieses neuen Verfahrens können zwei Methoden vorgestellt werden: Die erste besteht darin, dass der Drucker zwei Extruder mit verschiedenen Düsen hat. Einer hat 0,2-0,3mm Durchmesser und druckt verantwortliche Teile. Anderer hat bis zu 1,0mm Durchmesser, und druckt den Rest: das Innere, das Stützmaterial und die raue Oberfläche. Gibt es nur einen Extruder, kommt die zweite Methode zum Einsatz. Dazu ist nur eine Softwareentwicklung notwendig. Es wird alles durch denselben Extruder gedruckt, aber mit verschiedenen Schichtdicken. Im Vergleich dazu hat das erste Verfahren eine höhere Leistung, es geht davon aus, dass die Unterschiede zwischen feinen und rauen Schichtdicken um ein Vielfaches größer sind, und der Druck mit den Düsen, die einen kleineren Durchmesser besitzen, höhere Positionsvermögen aufweist. Aber das zweite Verfahren braucht nur einen Extruder und kann bei jedem Drucker eingesetzt wird. Das 2SD-Verfahren hat große Aussichten und kann FDM-Druck auf ein neues Niveau führen.

UDK: 621.95.01

Viacheslav Muravets , Betreuer: V. Bilanenko.

ENTWURF TECHNOLOGISCHER OPERATIONEN DER BEARBEITUNG VON BOHRLÖCHERN DURCH BOHREN

Die Bearbeitung der axialen Randschneidwerkzeuge des Innenlochs in einem dichten Material nach dem Bohren oder eine vorher hergestellte Bohrungen mittels Ausbohren sind weit verbreitete Bearbeitungsarten. Laut der Ergebnisse einer Analyse der technologischen Prozesse, die von führenden deutschen Unternehmen im Maschinenbau durchgeführt wurden, wurde festgestellt, dass der größte Arbeitsaufwand der Zerspanung folgende technologische Operationsstufen betragen: 36% Bohren, 26% Fräsen, 25% Drehbearbeitung und 13% andere Bearbeitungsarten. Das Problem der Entwicklung von Entwürfen der technologischen Operationen zur Bohrlochbearbeitung durch

Bohren wird aktuell bestehen bleiben, weil neue Konstruktionen von Schneidwerkzeugen entwickelt werden, technologische Möglichkeiten der Maschinenausrüstung erweitert werden und die Anforderungen an das Güte Merkmal der bearbeitenden Oberfläche wachsen.

Abhängig von der Dienstbestimmung der Bohrungen werden an ihr Güte Merkmal sehr hohe Anforderungen gestellt. Während der Lochbearbeitung ist es notwendig, die Genauigkeit der Größe, Form und räumlichen Anordnung der Lochachse und der eingestellten Kennwerte der Oberflächenrauheit zu gewährleisten. Die Formgenauigkeit der Bohrung wird im Querschnitt eingestellt, wobei es zu einer Abweichung von der Rundheit und Formgenauigkeit, ein Abweichen der Lochachse, sowie des Kegelverhältnis im Längsschnitt kommt. Eine ebenso wichtige technologische Herausforderung ist eine angegebene räumliche Achslage des Lochs zu sichern. Das kann wie folgt passieren: Durch die Parallelität relativ zur Basis oder die Parallelität der Achsen zwischen mehreren Gruppen von Löchern; die Abweichung von der Senkrechten zu der Oberfläche, wo sie verarbeitet werden, die Abweichung von der Gleichachsigkeit der Löcher, die auf einer Achse angeordnet sind, sowie die Abweichung von der angegebenen Toleranz der Kreuzung der Achsen mehrerer Löchern.

Um die Abnutzungsfestigkeit des Schneidteiles des Spiralbohrers zu erhöhen, werden effektive Werkzeugmaterialien und eine traditionelle verschleißfeste Beschichtung benutzt. Die verschleißfesten Beschichtungen ermöglichen in den



Konstruktionen eines spiralförmigen Schraubenbohrers mit High-Speed-Werkzeugstahl die hohe Stabfestigkeit und die Verschleißfestigkeit der Schneidkante. Die aktuelle Phase der Verbesserung der technischen Prozesse der Produktionstechnik basiert auf dem Ausbau der technologischen Fähigkeiten von Werkzeugmaschinen und auf die Gewährleistung ihrer vollen Nutzung durch die Verbesserung der Gestaltung der Schneidwerkzeuge und der Werkzeugmaterialeigenschaften. Die Verbesserung der technologischen Prozesse der Fertigung der Werkzeugmaterialien und die Konstruktion der Schneidinstrumente erweitert die Ausnutzung der Bohrer, die aus metallkeramischen Hartlegierungen hergestellt werden. Die Verbesserung der technologischen Prozesse der Bearbeitung der axialen Werkzeuge sollte mittels aufeinanderfolgender Entscheidung der technologischen Aufgaben erfolgen, die zusammen effiziente Bedingungen der Bohrerbearbeitung unter angegebenen Güte Merkmalen sichern. Um die hohe Prozessleistung der

Verarbeitung von Innenflächen zu gewährleisten, sollten folgende typische technische Aufgaben gelöst werden:

- Entwurf einer technologischen Bearbeitungsfolge des Bohrlochs mit hohen Qualitätsanforderungen;
- Beweis der Wahl des Werkzeugmaterials;
- Wahl der Gestaltung des Schneidwerkzeugs und Einstellung des geometrischen Parameter des Schneidteils;
- Bestimmung der Schnittbedingungen, die höchste Produktivität der Bearbeitung und das angegebene Güte Merkmal der Oberfläche mit minimalstem Aufwand an die Bearbeitung leisten.

Die Wahl des Werkzeugmaterials, der Konstruktion des Bohrers und der geometrischen Parameter des Schneidteils ist von den physikalischen und mechanischen Eigenschaften des zu bearbeitenden Materials abhängig. Die Analyse der aktuellen Trends der Verbesserung der Schneidbearbeitungsprozesse zeigt ihre große Aktualität, und die Verbesserung der Werkzeugmaterialien, sowie der Werkzeugkonstruktionen schafft die technologische Basis für eine effiziente Bearbeitung aller modernen Konstruktionswerkstoffe und eine bessere Nutzung der technologischen Möglichkeiten moderner Zerspanungsmaschinen.

Fazit: Aus der Analyse wurde ersichtlich, dass das Entwerfen der technologischen Operationen der Bearbeitung von Bohrlöchern durch Bohren die Berücksichtigung einer großen Anzahl von Ausgangsfaktoren erfordert: physikalische und mechanische Eigenschaften des Werkstoffs, die technologischen Möglichkeiten von Werkzeugmaschinen, Instrumentengewährleistung des Bearbeitungsprozesses, die Schneidregime und die Erreichung dabei vorgegebener Güte Merkmale.

UDK: 621.7.023.3

Dmytro Naku, Betreuer: V. Titov.

WAHL DES VERARBEITUNGSMODUS FÜR DIE ERFORDERLICHE QUALITÄT DER OBERFLÄCHENSCHICHT DES BAUTEILS BEIM KUGELSTRAHLEN

Unter Kugelstrahlen versteht man einen Prozess der Kaltbearbeitung von Metall, der überwiegend im Maschinenbau verwendet wird. Jede Teilchenfraktion wirkt beim Stoßen auf das Material wie ein mikroskopischer Hammer, der auf dem Oberflächenmaterial kleine Einbuchtungen verursacht, wobei zuvor die Oberfläche des Materials verformt wird. Wenn man ein verformtes Oberflächenmaterial versucht, in seinen gewöhnlichen Zustand zurückzuführen, wird unter der kaltverformten Materialschicht eine Schicht mit hoher Druckspannung gebildet, die sich vorteilhaft

auf den Widerstand des Materials zu den Ermüdungsspannungen auswirkt. Kugelstrahlen ist in folgenden Aufgaben verwendbar:

1. Prozesse der Verfestigung der Oberflächenschicht für den Anstieg der Dauerhaltbarkeit
2. Formgebung, z.B. für die Herstellung dünner Flächen von Monolithplatten im Flugzeugbau. [1]

Beim Stoßen des Schrots mit der Oberfläche des Bauteils wird die Oberflächenschicht plastisch verformt, deren Wert in erster Linie von der Masse der Kugeln und deren Aufprallgeschwindigkeit abhängt. [2]

Trotz der Tatsache, dass die Methoden des Kugelstrahlens bestimmte Erfolge auf der praktischen Seite erreicht haben, erfolgt die Wahl der Betriebsarten in den meisten Fällen anhand der Grundlagen aus experimentellen Daten und empirischen Beziehungen. Dies ist anhand verschiedener Gründe, einschließlich der Kinematik der Kugelbewegung im Flug, und deren Wechselwirkung mit anderen Kugeln, erklärbar. Als Basis der analytischen Berechnung wird die Energie von der Energieaustauschbilanz verwendet. Die kinetische Energie des Zusammenstoßes wandelt sich in mechanische Energie der Verformung der Oberflächenschicht um. (Abb.1)

$$U = A_0 = A_{pl} + A_{el},$$

wobei U – kinetische Energie der Kugel vor dem Stoßen; A_0 – die maximale Deformationsenergie; A_{pl} – die Arbeit der plastischen Umformung; A_{el} – die Energie der Kugel nach dem Stoßen mit dem Bauteil;

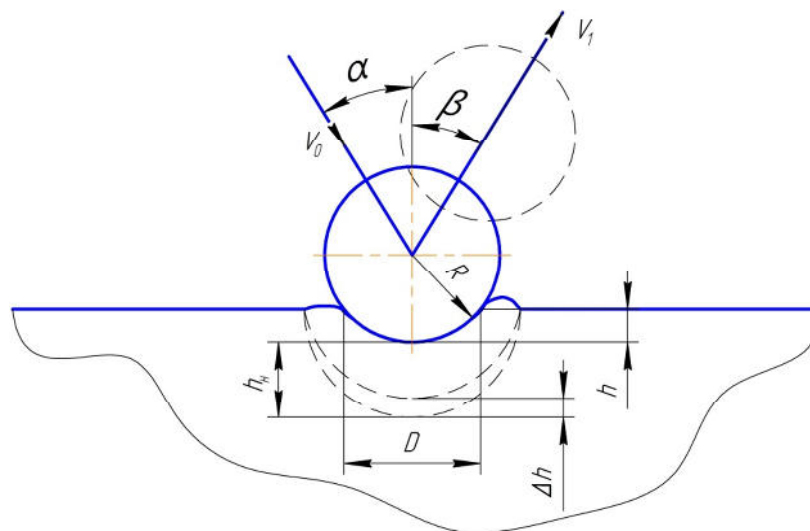


Abb. 1. Schema der Wechselwirkung der Kugel mit der Oberfläche des Bauteiles

Man kann vermuten, dass die Arbeit der elastischen Erholungskräfte nach der Verformung in eine Rückprallenergie umgewandelt wird, dann gilt

$$A_{pl} = U - A_{el} = \frac{m}{2} (V_0^2 - V_1^2),$$

wobei, V_0 – Anfangsgeschwindigkeit der Kugel; V_1 – Geschwindigkeit der Kugel nach der Wechselwirkung; m – Masse der Kugel.

Zur gleichen Zeit wird erfolgt eine Einführung der Kugel unter dem Einfluss ihrer vollen Bewegungsenergie A_0 . Es lässt sich vermuten, dass die Arbeit der Verformung für die Kugel beim Kugelstrahlen die Einführung des kugelförmigen Stempels (mit gleichem Radius) ist, wenn der Wert der Vertiefungen (das heißt das Ergebnis) in beiden Fällen gleich bleibt. Die Abhängigkeit der Eindringungskraft von der Tiefe der Umsetzung der kugelförmigen Spitze wird in Abbildung 2 gezeigt [1]:

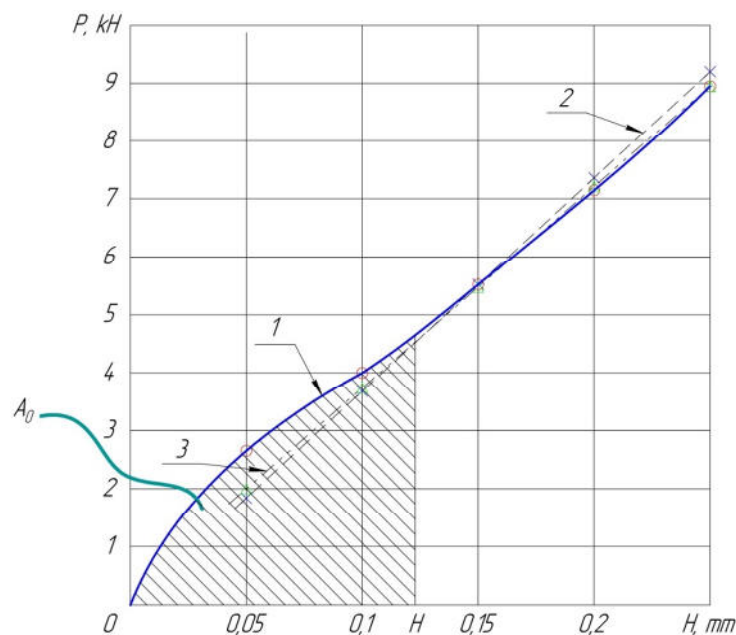


Abb.2. - Abhängigkeit der Eindringungskraft von der Tiefe des Eindringens des kugelförmigen Stempels

1. Analytische Berechnung [3]
2. Finite-Elemente-Verfahren DEFORM-3D
3. Finite-Elemente-Verfahren ANSYS

Die Arbeit der Verformung ist die Fläche unter der Grafik $P(H)$, dann:

$$V_0 = \sqrt{\frac{2 \int_0^H P(H) dH}{m} + V_1^2},$$

wobei H – die geschätzte Tiefe der Einführung der Kugel in Kontakt mit dem Werkstück ;

Im Allgemeinen lässt sich sagen, dass die Geschwindigkeit eine wichtige Größe beim Kugelstrahlen ist und damit das Ermüdungsverhalten entscheidend beeinflusst werden kann. Eine analytische Berechnung des Verarbeitungsmodus gibt uns mehr Möglichkeiten in der Anwendung und erklärt die Physik der wenig bekannten Phänomene in der Materialbearbeitung.

Quellenangaben

- [1] Tomasz Ludian: „Oberflächeneigenschaften und Ermüdungsverhalten ausgewählter Aluminium- und Titanlegierungen nach Variation des Überdeckungsgrades beim Verfestigungsstrahlen“ Taschenbuch, 9.12. 2009.
- [2] V.A. Titov: „Nekotorye perspektivnye napravleniya razvitiya processov vyglazhivaniya“, 2009.
- [3] „Formirivanie poverkhnogo sloya detaley vyglazhivaniem s ultrazvukovym nagruzhaniem“, Monografie, Zapirizhzhya, 2012.

UDK: 623

Vladislav Rozanov, Betreuer: V. Abramov.

DIE BESTIMMUNG DES SPANNUNGSDEHNUNGSVERHALTENS VON DER SCHAUFEL DES SCHREITENDEN BAGGERS

Da die technischen und finanziellen Mittel für eine vollständige Reparatur der Bergbau-Ausrüstung knapp sind, ist die Erhöhung von technischen Ressourcen der schreitenden Bagger insgesamt und ihrer am meisten belasteten Knoten sehr aktuell. Laut der Betriebserfahrung der technologischen Ausrüstung der Eristover Grube erweist sich die Schaufel als das am meisten belastete und beschädigte Teil des schreitenden Baggers. Die Schaufel erfüllt die Erfassung und die Überführung von der Bergart in die Grube. Dabei wird die Schaufel durch die Zugkraft, die Aufzugskraft, das Gewicht der Bergart und andere Leistungsfaktoren beeinflusst. Jedoch ist nur eine beschränkte Zahl von Forschungen der Frage der Festigkeit der Baggerschaufel gewidmet. Deswegen sind die Erforschung der tatsächlichen Zerstörungen des Schaufelaufbaus und des Spannungsdehnungsverhaltens, die Auffindung der gefährlichen Plätze und der am meisten belasteten Teile und der Kerbfälle besonders aktuell. Die Betriebserfahrung der schreitenden Bagger in der Eristover Grube zeugt davon, dass die meiste Zeit bei der Überholung des Baggers für die Schaufel verbraucht wird. Meistens werden die Beschädigungen der Schaufel durch die Zerstörung der Seiten- und Vorderstangenagen ausgelöst.

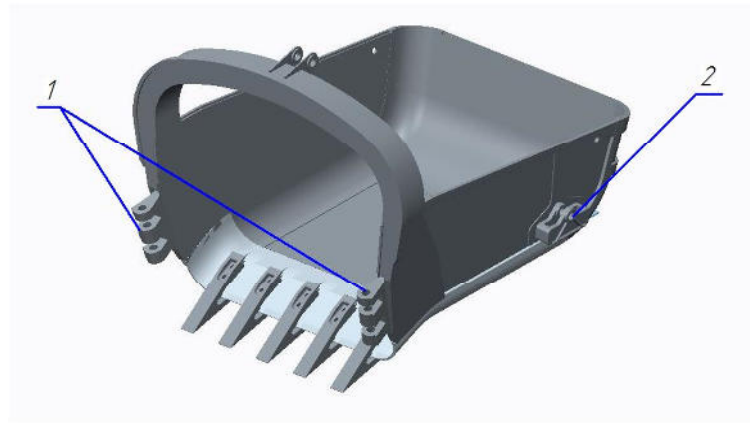


Bild.1. Die Schaufel des schreitenden Baggers mit Stangenaugen:

1 – Vorderstangenauge, 2 – Seitenstangenauge

Für die Erforschung des Spannungsdehnungsverhaltens des Schaufelaufbaus wurde das Berechnungsschema im Einzelnen für das Seitenstangenauge, sowie für das Vorderstangenauge entwickelt. Das Vorderstangenauge wird durch die Zugkraft und das Seitenstangenauge durch die Aufzugskraft belastet, die durch bestimmte Trossen transportiert werden. Für die Anfangsaufgabenstellung werden Bilanzgleichung, Gleichung der Deformationsvereinbarkeit und physikalische Gleichungen in Form vom Hookesches Elastizitätsgesetz [2] benutzt. Die Gleichung wurde mit Grenzbedingungen vervollständigt: die Seitenflächen der Stangenaugen sind hart befestigt, an die innere zylindrische Fläche des Stangenauges ist die Betriebskraft angelegt. Die Betriebskraft wird nach der Methodik [3] berechnet. Während des Schnitts der Bergart wirkt die Zugkraft mit 1044,9 kN, die sich gleichmäßig zwischen dem rechten und linken Vorderstangenauge verteilt. Bei der Überführung der Bergart wirkt die Aufzugskraft mit 790 kN auf die Schaufel. Die Aufzugskraft ist gleichmäßig zwischen den rechten und linken Seitenstangenaugen verteilt. Auf diese Weise ist die Seitenfläche in den Berechnungsschemen der Vorder- und Seitenstangenaugen hart befestigt und die zylindrischen Poren sind mit der Hälfte der Zugkraft und der Aufstandsmacht (Aufzugskraft) belastet.

Auf Bild 2 und 3 ist die Verteilung der größten Hauptspannungen in den Stangenaugen von der Schaufel dargestellt. Da die Stangenaugen aus brechbarem Eisen CH20 gefertigt werden, wählt man für die Einschätzung des Spannungsverhaltens die erste Festigkeitstheorie.

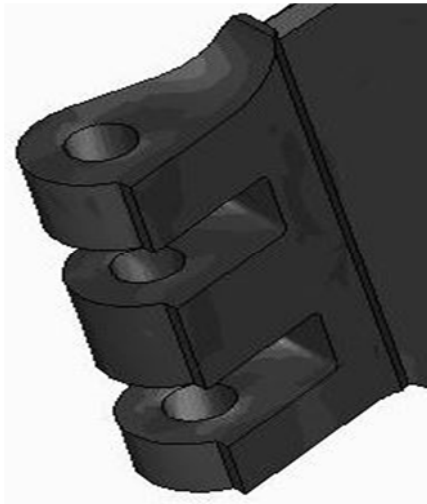


Bild 2. Die Verteilung von den größten Hauptspannungen im Vorderstangenauge, Pa.

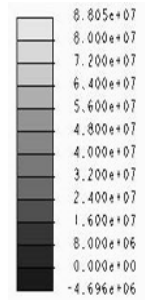
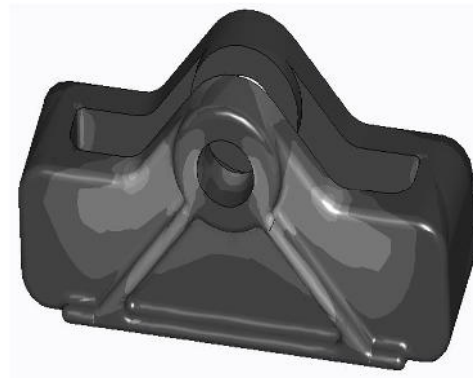


Bild 3. Die Verteilung von den größten Hauptspannungen im Seitenstangenauge, Pa.

Im Verlauf des Berechnungsexperiments in der elastischen Stellung wurde bestimmt, dass die maximalen gleichartigen Spannungen die Grenzspannungen für das Schaufelmaterial nicht überschreiten. Dennoch sollten die geometrischen Parameter der Stangenaugen für die Senkung einer Spannungskonzentration in der Zone, in der die Wahrscheinlichkeit der Entstehung von Beschädigungen und Brüchen am höchsten ist, verändert werden. Die Dicke vom Gehäuse der Stangenaugen sollte um 5-7mm und der Radius der äußeren zylindrischen Fläche um 10mm vergrößert werden. Folglich sind mithilfe des Berechnungsexperiments für die Bestimmung des Spannungsdehnungsverhaltens von der Schaufel die gefährlichen Knoten festgestellt – die Vorder- und Seitenstangenaugen. Ihr Spannungszustand wurde bestimmt und analysiert. Es werden die Empfehlungen für die Verbesserung von geometrischen Parametern der Stangenaugen gegeben.

Quellenangaben

- [1] D. Volkov: Dynamika i prochnost odnokovshevykh ekskavatorov, Moskva, 1965.
- [2] K. Rudakov: Chyselni metody analizu v dinamici ta micnosti konstrukciy, Kyiw, 2007.
- [3] L. Drozdova/O. Kurbatova: Odnokovshovye ekskavatory: Konstrukciya, montazh i remont, Wladiwostok, 2007.

Oleksandr Savysko, Betreuer: M. Kryshchuk.

ZUR GEOMETRISCHEN MODELLIERUNG DES BIOMECHANISCHEN SYSTEMS

„ZAHN-KIEFERKNOCHEN“

Durch Rauchen, unzureichende Zahnpflege und falsche Ernährung wird die Entstehung der Parodontitis im menschlichen Organismus begünstigt. Dabei finden im Kieferknochen atrophische Prozesse statt, d.h. zwischen Zahn und Zahnfleisch bildet sich ein Zwischenraum. Im Laufe der Zeit ziehen sich das Zahnfleisch und der Knochen zurück, was erst zur Lockerung und schließlich zum Ausfall der Zähne führt, denn sie verlieren wesentlich ihre Tragfähigkeit.

Dank der ausgearbeiteten Bildungsalgorithmen vom räumlichen geometrischen ComputermodeLL des biomechanischen Systems „Zahn-Kieferknochen“ könnten zukünftig mithilfe der Finite-Elemente-Methode (FEM) eine experimentelle biomechanische Verhaltensanalyse des Systems über die Belastung: a) in gesundem Zustand; b) in der Mittelphase der Erkrankung; c) in der Endphase der Erkrankung durchzuführen, und die Ergebnisse zum Vergleich zu dem System „Zahnimplantat-Kieferknochen“ zu stellen.

Als Objekte der Modellierung treten fünf Teile des Mund- und Kieferbereichs auf (d.h. Krone, Zahnwurzel, Wurzelhaut, Kortikales und Spongiosa). Mithilfe der *Materialise Mimics Software* und der vorgelegten Aufnahmen der Computertomografie für den Mund- und Kieferbereich eines gesunden Menschen wurde die Geometrie der ungleichartigen Strukturen des Zahns und Kieferknochens ermittelt. Mit der Verwendung der Hounsfield-Skala wird die Röntgendichte für die notwendigen biologischen Gewebe bestimmt und als *Maske* markiert. Im nächsten Schritt wird das ermittelte Element in Schichten eingeteilt, ihre Grenzen in Linienzugformen gezogen und das räumliche Model der Maske gebildet. Für die folgende geometrische Modellierung lassen sich die Angaben ins CAD-System *Catia* exportieren. Im *Generative Shape Design (GSD)* Programmbaustein auf Basis der entworfenen Durchschnitte und anderen Hilfslinien beziehen wir das räumliche Maskenmodel mit schwierigen Oberflächen. Sehr wichtig in dieser Aufgabe ist das Einhalten der Glattheit von den Oberflächen und ihrer Verbindungen, um dann ein korrektes und qualitativ hochwertiges Finite-Elemente-Modell zu erhalten. Nach der Zusammensetzung der Teile wird das geometrische Modell „Zahn-Kieferknochen“ in das CAE-System exportiert. Die Teile werden mit den eigenen biomechanischen Eigenschaften beigegeben, dann lässt sich das System belasten, um ein Spannungs-Dehnungs-Verhalten zu bestimmen.

Damit ist das vollständige geometrische Modell des Systems “Zahn-Kieferknochen” mit Prämolaren geschaffen. Es ist dem authentischen biologischen Model sehr ähnlich.

UDK 621.865.8

Oleksii Solntsev, Betreuer: Y. Kuznetsov.

SYSTEMATISCHER-MORPHOLOGISCHER ANSATZ BEI DER ENTWICKLUNG VOM MECHATRONISCHEN SYSTEM „BIONIK-MANIPULATOR“

Die Realisierung der Roboter ist eng mit der Analyse und dem Verständnis des menschlichen Bewegungsapparates verknüpft. Heutzutage gibt es den traditionellen Ansatz zur Schaffung anthropomorpher Mehrrobotersysteme [1], der in der Regel, auf der „Versuch-und-Irrtum-Methode“ basiert. Als Folge unterscheidet sich das kinematische Modell des Menschen deutlich von den auf dem Markt feilgebotenen bionischen Manipulatoren. In Anbetracht des oben genannten und unter Verwendung des Ansatzes, wie etwas „idealerweise“ funktionieren soll, kann man schließen, dass die Lösung des Problems des Ersatzes der menschlichen Hand im Alltag, besonders in schädlichen und gefährlichen Umgebungen, darin besteht, dass die Aufgaben von Robotern übernommen werden. Diese werden aus technischen Systemen (TS), die maximal an die humanoiden biomechanischen Besonderheiten angenähert sind, entwickelt. [2] Abbildung 1 stellt den allgemeinen Lösungsprozess vom TS „Bionik-Manipulator“ (BM) dar und zeigen die Arbeitsabschnitte (1-4), die nach VDI2221 [3] erforscht wurden. Das Projekt „BM“ befindet sich noch in seiner wissenschaftlichen Phase. Aufgrund des bei der Patentsuche dargestellten Lebenszyklus (abb. 1, p.2) kann auf solchen wichtigen Fragen Antworten gegeben werden:

- Sollte es eine Neuentwicklung vom technischen System „BM“ oder Weiterentwicklungen geben?
- Welche Voraussetzungen sollten zur Prognostizierung und Produktplanung des hergestellten TS bestehen?

Als wichtiges Hilfsmittel zu Entwicklung vom „BM“ wurde die von Zwicky vorgeschlagene morphologische Methode benutzt, die die Teillösungen den zu erfüllenden Teilfunktionen zuordnet. (Grote 2014, Seite 15). Dieser Ansatz gab die Möglichkeit, alternative und früher unbekannte Varianten von Bauformen verschiedener Teile vom TS zu finden. Schließlich werden laut bestimmter Kriterien die besten Lösungsprinzipien ausgewählt (abb.1, p.3).

Die Richtigkeit des kombinierten Konzepts wurde auf Programmebene überprüft. Folglich steuert das modellierte Schema die Arbeit der Servomotoren, die durch den Mikroprozessor Arduino Uno R3 und ausgewählte Sensoren (zwei Potentiometre und Tensometer von Biegung) gesteuert wird. Außerdem wurde die Strom-Spannungs-Kennlinie durch die Oszillografen erhalten, damit die Leistung der Energiequelle gewählt werden kann.

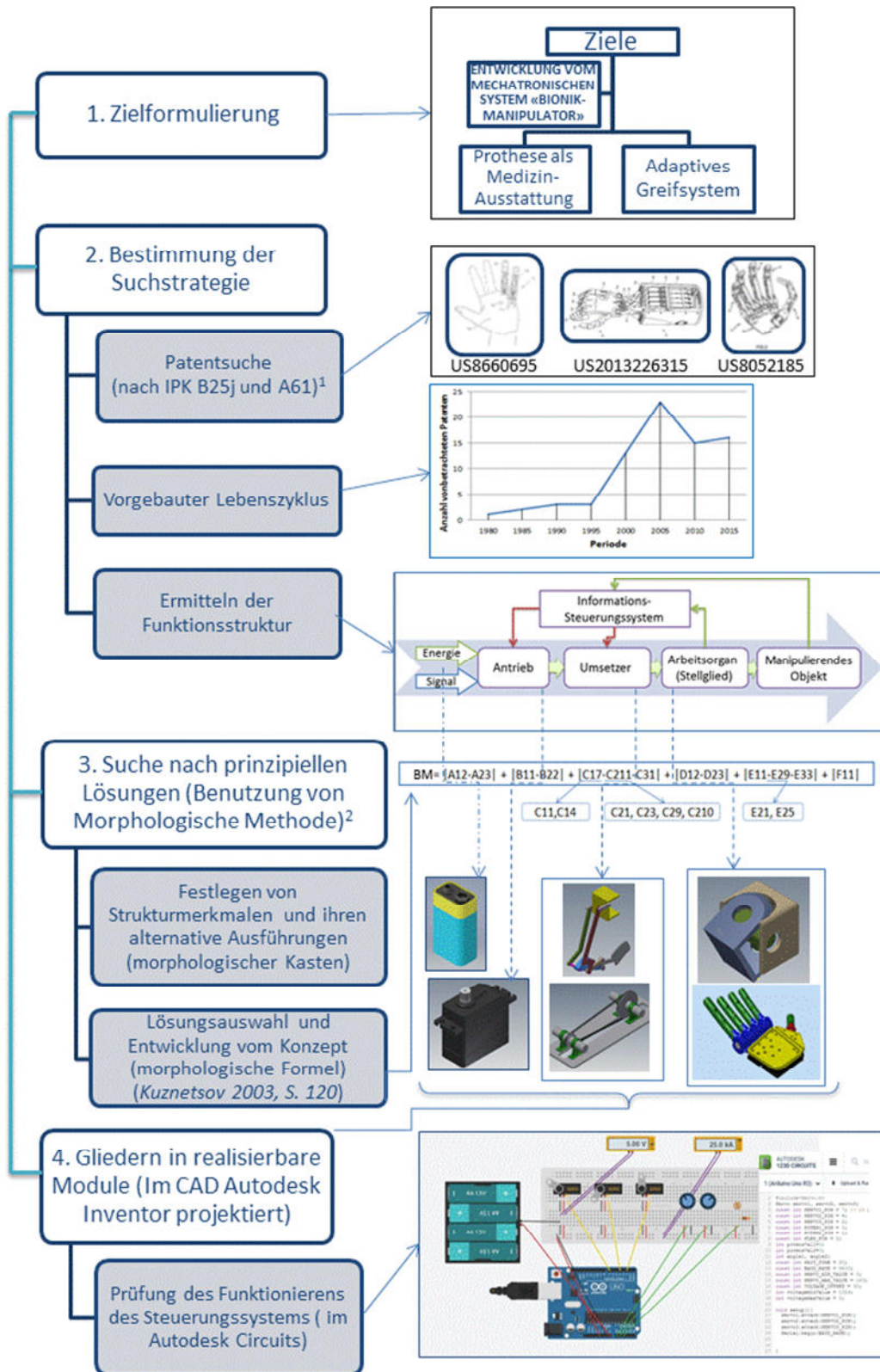


Abbildung 1. Flussdiagramm, die Vorgehensschritte der Entwicklung vom mechatronischen System «Bionik-Manipulator» auf der vorliegenden Studie.

¹ IPK- International Patent Classification

² Karl-Heinz Grote, Frank Engelmann, Wolfgang Beitz, Max Syrbe, Jürgen Beyerer, Gunten Spur, Das Ingenieurwissen: Entwicklung, Konstruktion und Produktion, Springer Berlin (2014), S. 9-13

Zusammenfassend führt die oben aufgeführte durchgesetzte Patentsuche und Approbation von dieser systemtechnischen Konstruktionsmethode, wie die Morphologische, zur Bestimmung der nachfolgenden Richtung in der Entwicklung vom TS „Bionik-Manipulator“.

Quellenverzeichnis

- [1] C. Schlette, Anthropomorphe Multi-Agentensysteme, Springer Fachmedien Wiesbaden (2013), S. 2-3.
- [2] Y. Kuznetsov: Teoriya Rozvyazannya tvorchykh zagach, Kiew (2003), S 20-23.
- [3] Gutenberg: Grundlagen der Betriebswirtschaftslehre, Bd. 1: Die Produktion. 24. Springer Berlin (1983).

UDK: 678.029.3 (045)

Maksym Spiridonov

FRAGEN DER ZERSPANUNG VON KOHLENFASEVERSTÄRKTEN KUNSTSTOFFEN

Heutzutage werden kohlenfaserverstärkte Kunststoffe (weiter KFK) immer mehr bei der Herstellung der Teile für Flugzeuge, Autos, Fahrräder und Sportwaren eingesetzt. KFK benutzt man auch für die Herstellung oder Befestigung von Tragkonstruktionen. Die wichtigsten Vorteile von diesem Verbundwerkstoff sind die Steifheit, hohe Festigkeit und Leichtheit, die das Gewicht der Konstruktionen zu verringern hilft, was wiederum den Verbrauch des Brennstoffes und die Zahl der Schadstoffe verringert und die Ladekapazität erhöht. Nach Schätzungen von Spezialisten wächst der Markt der Verbundwerkstoffe um 5-7% pro Jahr. Zum Beispiel beträgt im Flugzeugbau der Anteil vom Einsatz der Verbundwerkstoffe 50% vom Gesamtgewicht des Flugzeugs, Tendenz steigend.

Das ist dank der hohen Festigkeitscharakteristiken der Kompositwerkstoffe, Erschließung der Herstellung und Senkung des Selbstkostenpreises möglich. Abgesehen davon, dass das Werkstück aus KFK am nächsten der Form des Teils ist, muss man diese Teile mit anderen Konstruktionen verbinden und die mechanischen Eigenschaften von KFK erforschen. Laut der vorhergehenden Aufgaben entsteht die Notwendigkeit einer Bearbeitung von KFK in:

- der Erschaffung der Löcher, die bestimmten Qualitätsmerkmalen entsprechen sollen;
- der Anfertigung von Prüfmustern, die laut internationaler Standards weniger als fünf Defekte pro Zoll auf den Planflächen haben dürfen.

Da KFK ein Isolator ist und seine Bindung ein Polymer ist (das unter den hohen Temperaturen schmilzt), ist der Einsatz von elektrochemischem Abtragen und Laserstrahlschneiden begrenzt oder

sogar unmöglich. In diesem Artikel werden die mechanischen Arten der Bearbeitung beschrieben, weil sie zugänglicher und universeller sind.

Häufige Probleme bei der Zerspanung sind:

- Fragmente der Fasern innerhalb des Loches aufgrund des niedrigen Anhaftens zwischen der Faser und der Bindung;
- das Polymer (die Bindung) schmilzt unter den hohen Temperaturen, bei einer hohen Schneidgeschwindigkeit;
- die Entmischung, die unter hohen Axialkräften aufkommt;
- das Werkzeug saugt den größten Teil der Wärme wegen der niedrigen Wärmeleitfähigkeit von KFK auf;
- aufgrund der hohen Festigkeit hat KFK einen abschleifenden Einfluss auf das Werkzeug und führt zu gehobenem Verschleiß;
- Spaltfugen sind längliche Defekte, die in normale Richtung zur Schnittebene eine größere Länge haben als entlang der Schnittebene. Das wird wegen der anisotropen Struktur des KFK verursacht;
- bei Abscherungen handelt es sich um Defekte auf der Fläche, die in zwei zueinander normalen Richtungen fast gleiche Maßzahlen haben.

Die Firma Sandvik Coromant und das Polytechnische Institut Odessa haben parallel ähnliche Experimente durchgeführt, um die Einwirkung der Arten der Lochbohrer und von Zerspanungswerten auf die Qualität von gemachten Löchern zu untersuchen. Das Bohren wurde auf einer universellen Fräsmaschine mit CNC ausgeführt.

Als Werkzeuge wurden ein Spiralbohrer aus dem Schnellarbeitsstahl P6M5, ein Spiralbohrer aus Hartmetall BK6 und ein Diamantkernbohrer AC32 benutzt. Alle Bohrer hatten einen Durchmesser von 6mm. Die Umlauffrequenz der Spindel wurde nicht verändert und betrug $n=3000\text{rpm}$. Der Vorschub (S in mm/pm) wurde diskret verändert: 5, 10, 20, 40, 60, 100mm/pm . Die Ergebnisse wurden mithilfe des Mikroskops MBC9 aufgenommen. Bei $S=5\text{mm/pm}$ hatte die Eintrittsseite der Löcher beim Einsatz von beliebigen Bohrern keine sichtbaren Defekte. Mit der Erhöhung von S wurde die Vermehrung von Fragmenten der Fasern innerhalb des Loches betrachtet, besonders beim Einsatz von einem Spiralbohrer aus dem Schnellarbeitsstahl.

Beim Einsatz von Diamantbohrern und Spiralbohrern aus Hartmetall bei $S=5\text{mm/pm}$ wies die Austrittsseite eine geringere Zahl von Fragmenten der Fasern und Abscherungen auf. Bei $S=20\text{-}40\text{mm/pm}$ wurde die Menge der vorhergehenden Defekte erhöht und eine Entmischung erschien. Bei $S=60\text{-}100\text{mm/pm}$ blieben die Löcher beim Einsatz eines Diamantbohrers überhaupt verschlossen. Das kann damit erklärt werden, dass die erwärmten und teilweise verschmolzenen

Teilchen der Bindung von KFK die Schleifflächen des Diamantbohrers verstopfen. Beim Einsatz von Spiralbohrern aus Schnellarbeitsstahl wurden eine große Menge von Faserfragmenten der Fasern, Abscherungen und ein hohes Niveau der Entmischung betrachtet. Die Erklärung dafür ist der Verschleiß des Werkzeuges unter dem abschleifenden Einfluss der Teilchen von KFK. Andere Forscher haben weitere Experimente durchgeführt, um die Qualität von Planflächen des Prüfmusters aus KFK zu untersuchen.

Zum Vergleich wurden die folgende Bearbeitungsarten verwendet: das Schleifrad mit Kühlung, sowie eine CNC-Fräsmaschine und ein Diamantschleifrad ohne Kühlung. Zur Zerspanung mit Hilfe der Räder wurden die Abscheideräder mit einem Durchmesser von 250mm benutzt, die Umlauffrequenz der Spindel lag bei 2850rpm. Die Fräse war 6mm in Durchmesser, die Umlauffrequenz der Spindel betrug 8000rpm, und der Vorschub – 1mm/pm. Die Defekte und ihre Charakteristiken wurden auf die Flächen, die quer zur Faserrichtung waren, untersucht. Die Form, Position, Länge und Struktur der Spaltfugen wurden nach folgenden Parametern analysiert: die gesamte Fläche der Spaltfugen, die maximale Tiefe, die durchschnittliche Tiefe und die durchschnittliche Länge. Nach diesen Parametern wurde die meiste Schädigung beim Einsatz der Fräse bei der Bearbeitung von KFK gekennzeichnet.

Die geringste Anzahl an Spaltfugen wurde bei der Zerspanung bei einem Rad mit Kühlung gekennzeichnet. Die Form und Position der Abscherungen wurden nach folgenden Parametern analysiert: die gesamte Fläche der Abscherungen, sowie die maximale und durchschnittliche Tiefe. Wie im vorherigen Fall mit den Spaltfugen wurde die meiste Schädigung beim Einsatz der Fräse bei der Bearbeitung von KFK gekennzeichnet. Aber was merkwürdig ist, ist dass die Tiefe der Abscherungen bei der Zerspanung mit dem Rad ohne Kühlung zweimal größer ist als beim Einsatz der Fräse. Das wichtigste Qualitätsmerkmal der Bearbeitung ist die minimale Menge von Defekten. Das ist damit verbunden, dass jeder Defekt als Konzentrador der Spannungen gesehen werden kann, der eine negative Wirkung auf die mechanischen Eigenschaften und Betriebseigenschaften der Teile hat. Von den beschriebenen Zerspanungsarten können folgende empfohlen werden:

- für die Erschaffung der Löcher ist es besser, einen niedrigen Vorschub und einen Diamantkernbohrer zu nutzen;
- für die Anfertigung der Prüfmuster wird eine Zerspanung mithilfe des Schleifrades mit einer Kühlung gebraucht.

Um diese Frage besser zu ergründen, ist es ratsam, die gleiche Forschung auf der Wasserstrahlschneidemaschine durchzuführen und dann die Ergebnisse zu vergleichen.

UDK: 621.923.046

Vladyslav Toporin, Betreuer: V. Bilanenko.

ENTWURF DER TECHNOLOGISCHEN OPERATIONEN DES SPITZENLOSEN SCHLEIFENS

Der moderne Weltmaschinenbau benutzt vorwiegend technologische Prozesse der Detailherstellung mit der Anwendung verschiedener Arten der Spannungsbehandlung. Sie wird mit dem Einsatz von Dangel- und Schleifinstrumenten realisiert. Für die Gewährleistung hoher Qualitätscharakteristiken bei der Bearbeitung von Decken der Maschinendetails werden die technologischen Prozesse des Schleifens benutzt. Für eine Endbehandlung der Maschinendetails mit großen Erzeugungsumfängen wird erfolgreich das spitzenlose Schleifen benutzt. Solche Bearbeitungsoperationen werden für Herstellung der Lagerringe, der Elemente von hydraulischen und pneumatischen Regelungssystemen, Ventile der Brennkraftmotoren und anderer Details benutzt. Deswegen wird eine Verfeinerung von technischen Empfehlungen für den Entwurf solcher Behandlungsoperationen eine moderne und aktuelle Aufgabe. Der Zweck dieser Forschung ist die Entwicklung der Reihenfolge eines Entwurfs der technologischen Operationen für das spitzenlose Schleifen, insbesondere:

- Die Bestimmung kinematischer Schemata von der Behandlung bestimmter geometrischer Flächen
- Die Bestimmung der Verarbeitungseigenschaften des abrasiven Instruments, das Stoffwerte des behandelten Materials aufzeichnet, sowie Behandlungsetappe und Anforderungen für Präzision und Rauheit des Werkstücks speichert
- Die Bestimmung der Komponenten der Zerspanungswerte, die Schneidgeschwindigkeit und notwendige Zahl der Zustellbewegung, um für effektive Behandlungsbedingungen und eine hohe Produktivität zu sorgen.

Die Lagefeststellung des Arbeitsstücks wird leitungsverbunden auf das Werkstück realisiert, was es mit begleitenden Behandlungsbedingungen versorgt, und es ist besonders effektiv bei der Behandlung der Details mit unzureichender eigener Härte. Es gibt drei grundsätzliche Arten des spitzenlosen Schleifens

- Durchgangsschleifen (Abbildung 1)
- Ansatzschleifen (Abbildung 2)
- Eintauchschleifen (Abbildung 3).

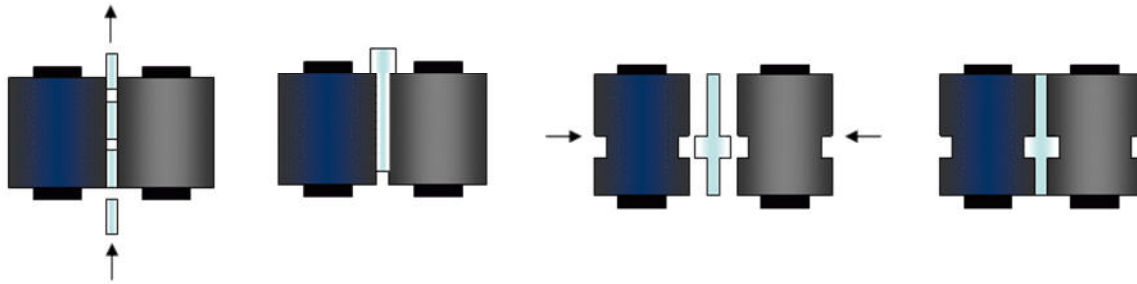


Abbildung 1

Abbildung 2

Abbildung 3

Als Forschungsgrundlage werden für die Ausrechnung der Zerspanungswerte analytische Formeln angewendet. Das kinematische Schema sollte die Hauptbewegung der Spannung umgreifen. Sie wird von der Schleifscheibe realisiert. Die lineare Geschwindigkeit der Hauptbewegung von den Charakteristiken des bearbeiteten Werkstoffs und der Schleifscheibe, von den Anforderungen für Qualitätscharakteristiken der bearbeiteten Oberfläche bestimmt und wird mit der folgenden Formel berechnet:

$$V_k = \frac{\pi \cdot d_k \cdot n_k}{60 \cdot 1000} \text{ (M/c)} \quad (1)$$

wobei d_k – Durchmesser der Schleifscheibe, mm; n_k – Umlauffrequenz der Scheibe, Uml/Min.

Der Kreisvorschub des Werkstücks wird durch die Regelscheibe versorgt. Zur Gewährleistung des hohen Reibungskoeffizienten zwischen der Oberfläche der Regelscheibe und der bearbeiteten Oberfläche werden Regelscheiben mit dem Vulkanitbund (R) und abrasiven Elementen mit einer Größe von M40-M28 eingesetzt. Die lineare Geschwindigkeit des Kreisvorschubs wird mit der Formel bestimmt:

$$V_s = \frac{\pi \cdot d_s \cdot n_s}{1000}, \text{ [M/Min]} \quad (2)$$

wobei d_s – Durchmesser des bearbeiteten Arbeitsstücks, mm; n_s – Umlauffrequenz des Arbeitsstücks, Um/Min

Der Längsvorschub des Arbeitsstücks wird von dem Drehen der Regelscheibenachsen relativ zu den Schleifscheibenachsen bei einem Winkel von $\alpha \leq 6^\circ$ versorgt. Beim Drehen sollte das Ausrichten der Schleifscheibe und der Regelscheibe gemacht werden. In diesem Fall wird die Rundvorschubsgeschwindigkeit mithilfe folgender Formel bestimmt:

$$V_s = V_{\text{exp}} \cdot \cos \alpha \quad (3)$$

wobei V_{exp} – die Geschwindigkeit der Regelscheibe, [M/Min]

Die Längsvorschubsgeschwindigkeit wird vom Längsvorschub pro Umlauf des Arbeitsstücks bestimmt:

$$V_{n3} = S_{n3} \cdot n_s, \text{ Mm/Min} \quad (4)$$

wobei S_{n3} – Längsvorschub der Scheibe, mm/Uml; n_3 – Umlauffrequenz des Arbeitsstücks, Uml/Min.

Demzufolge wird der Längsvorschub mit

$$S_{n3} = V_{n3} / n_3 \quad \text{der Formel bestimmt:} \quad (5)$$

Formel für die Bestimmung des Längsvorschubs für äußeres spitzenloses Schleifen:

$$S_{n3} = V_{\text{BK}} \cdot \sin \alpha \cdot d_3 / D_{\text{BK}} \cdot n_{\text{BK}} \cdot \cos \alpha = \pi \cdot D_{\text{BK}} \cdot n_{\text{BK}} \cdot d_3 \cdot \sin \alpha / D_{\text{BK}} \cdot n_{\text{BK}} \cdot \cos \alpha \quad (6)$$

Schließlich:

$$S_{n3} = \pi \cdot d_3 \cdot \tan \alpha, \text{ mm/Uml.} \quad (7)$$

Der Drehwinkel der

$$\alpha = \arctan \left(\frac{S_{n3}}{\pi \cdot d_3} \right) \quad \text{Regelscheibenachsen kann mit} \quad (8)$$

folgender Formel berechnet werden:

Zusammenfassend wurden im Laufe der Forschung grundlegende Bestandteile der Zerspanungswerte für das spitzenlose Schleifen, das kinematische Behandlungsschema und die technologischen Charakteristiken des Werkstücks auf analytischer Weise bestimmt. Das alles garantiert meist einen wirtschaftlich und technologisch effektiven Verlauf des Spanungsprozesses.

Quellenverzeichnis

- [1] Internetressource [http://stanki-katalog.ru/st_50.htm].
- [2] Kremen Z.I., Jurjev V.G., Baboschkin A.F. Technologija schlifowanija w maschinostrojenii- Sankt-Peterburg: Politehnika, 2007.

UDK: 621.9.067

Anton Yakhno, Betreuer: A. Demyanenko.

DIE BENUTZUNG DER CAD-SYSTEME BEI DER ENTWICKLUNG DER PROTOTYPEN DER PARALLELKINEMATIKMASCHINEN

Heutzutage gibt es viele Mechanismen mit Parallelstrukturen, die in der automatischen Produktion benutzt werden. Das können die Manipulatoren, die verschiedene Dinge sortieren oder Prüfstände, an denen die Wissenschaftler verschiedenartige Forschungen durchführen, sein. Mithilfe der CAD-

Systeme sollen verschiedene Bauweisen der Mechanismen mit parallelen Strukturen entwickelt werden. Die Konstruktion der Plattform vom Typ Dreipod (Abbild 1) hat neun Hauptknoten. Sie steht auf drei Lagern (1), an denen zwei unbewegliche Plattformen (2) und (3) befestigt sind. Die Servomotoren werden in Boxen (4) befestigt, die sich mit Hilfe eines Bolzenverschlusses halten. Damit die bewegliche Plattform (9) in drei Koordinaten fährt, muss man drei Schaukelstücke (5), drei Stangen (7), die mit dem Schaukelstück mithilfe des Scharniers (6) befestigt sind, benutzen. Um die Robustheit hoch zu halten, müssen alle drei Stangen mit einem 70 Grad Winkel zur Niveaulinie gestellt werden. Der Werkstoff der Plattform ist aus Acryl hergestellt, darum wurden T-Nuten benutzt. Sie lassen es zu, die Knoten hart zu befestigen. Die Antriebswelle dreht sich um 120 Grad und gibt der bewegendenden Plattform 23mm Hub. Um die Plattform zu kontrollieren, muss man direkte und inverse Aufgaben lösen. Ein erster Schritt zur Lösung dieser Aufgaben ist das Schreiben der Matrizen gleichmäßiger Konversion H (Formel 1.1 und 1.2) (Shahinpoor, 1987, S.480).

$$H = T(z, z_n)R(x, \psi)R(y, \theta) \quad (1.1)$$

$$T(z, z_n) = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & z_n \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}, \quad R(x, \psi) = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & C\psi & -S\psi & 0 \\ 0 & S\psi & C\psi & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix},$$

$$R(y, \theta) = \begin{bmatrix} C\theta & 0 & S\theta & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ -S\theta & 0 & C\theta & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

(1.2)

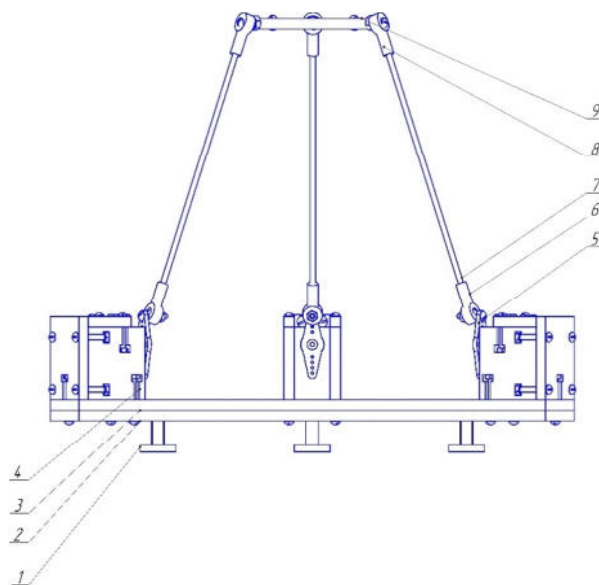


Abb.1. Die Zeichnung der Plattform.

Diese Konstruktion gibt die Möglichkeit, nur drei Stangen zu benutzen, um die Fahrt auf drei Koordinaten zu bekommen. Der nächste Schritt der Forschung sieht die vollständige Lösung von den direkten und inversen Aufgaben und das Schreiben des Programms in LabVIEW vor. Außerdem wird der Arbeitsraum des Dreipods in Autodesk Inventor modelliert.

UDK: 621.326

Andrii Zakharchuk, Betreuer: O. Kahlyak.

LASERFORMUNG

Unter den bekannten Verfahren der Folienmaterialien kann man zwei Gruppen unterscheiden, je nachdem, wie der Umgang mit dem Druck und den Methoden, die auf Wärme einwirken, ist. Der erste Abschnitt umfasst das Beugen und Strecken. Thermische Verfahren, nämlich Gasbrennerheizung, Schweißlichtbogen, induktives Heizen und Laserheizung, werden aufgrund der Wärmequelle während der Verarbeitung verwendet. Die Herstellungsverfahren haben mehrere Nachteile gegenüber der Wärme, das heißt eine reversible elastische Wirkung des Materials in der Behandlungszone, die Unmöglichkeit der Bildung von spröden Materialien, die Schwierigkeit des Bildens von zähem, elastischen Material, Platten von beträchtlicher Dicke, sowie die Notwendigkeit für spezielle Ausrüstungsverdünnung. Im Gegensatz dazu erschwert die Bildung mit Fackelgas-Brenner seine Instabilität und schwache Verlässlichkeit, hat aber auch wesentlichen Einfluss auf die Zonengröße. Ein Schweißlichtbogen ist zudem schlecht kontrollierbar und schwierig zu positionieren, und die Oberfläche der Wechselwirkung des Materials ist anfällig für das Schmelzen. Die Verwendung von Induktionserwärmung beinhaltet die Verwendung von sperriger Ausrüstung, wobei die Oberfläche des Materials wie im vorherigen Fall zum Schmelzen neigt. Stattdessen wird ein Laser als Wärmequelle stabil und klar definiert und gut positioniert. Das Additionsverfahren ist flexibel und leicht zu automatisieren, die Verarbeitung kann sowohl im Makro- und Mikro- als auch im Nanomaßstab durchgeführt werden. Daher ist die Untersuchung des Laserprozesses eine dringende Aufgabe. Das Verfahren einer Laserbildung kann auf folgende Mechanismen zurückgeführt werden: Mechanismus des Temperaturgradient, stoßender Mechanismus, Mechanismus der Gerinnungsmechanik und polymorphe Umwandlungen. Das Wesen des Mechanismus des Temperaturgradient ist wie folgt: wenn die Geschwindigkeit der Heizfläche des Laserstrahls eine hohe Temperatur an den oberen Schichten des Materials erzeugt, während der Boden kühl geblieben ist und sich nach und nach durch die Wärmeleitung erwärmt, kommt es durch die Dicke der Probe zu einem starken Rückgang der Temperatur, die zu einer unterschiedlichen Wärmeausdehnung von verschiedenen Materialschichten führt und die Bildung des Blattes bewirkt. Am Anfangsmoment des Wärmens ist die Wärmeausdehnung auf der bestrahlten Oberfläche

(Oberseite) höher als auf der kalten Unterfläche. Allerdings ist die thermische Ausdehnung der erwärmten Schichten nicht begrenzt, es wird das umgebende Material erwärmt, und es wird teilweise in den vorherigen Biegen manifestiert, die der Hauptbiegerichtung entgegengesetzt sind, teilweise im Vorsprung der erhitzten Schicht über der Oberfläche der Probe, worauf sich bei der bestrahlten Oberfläche kleine Zugverformungen gebildet haben. Beim Kühlen wird die Platzierung eine lokale Reduktion in den oberen Schichten des Blattes und der Biegewinkel sich in der Richtung des Laserstrahls erhöhen. In den Materialien, in denen es beim Erwärmen und Abkühlen in der Strömungscharakteristik polymorphe Umwandlungen gibt, kann ein weiterer Mechanismus beobachtet werden, der Mechanismus der polymorphen Umwandlungen. Der auffälligste Mechanismus kann durch Veränderungen der Kohlenstoffstähle nachgewiesen werden. Während der Erwärmung, wenn durch die Leitung vorbei (Diagramm Eisen-Kohlenstoff), beginnt die Umwandlung von Ferrit in Austenit. Somit gibt es eine Änderung in dem Kristallgitter, die in dem Volumen des Materials zu lokalen Änderungen führt. Nach der Beendigung der Lasererwärmung als Folge der aktiven Wärmeableitung an benachbarte (nicht erwärmte) Materialschichten fängt der Autohärtprozess, der zur Ausbildung von Härtestrukturen (Martensit) und zur „Quellung“ des Kristallgitters und damit zu Volumenänderungen des lokalen Materials führt, an. Das führt zu einer zusätzlichen Verformung der Probe, wobei die Richtung der Stiftung gleich sein kann oder die Richtung der Verformung durch andere Mechanismen der Bildung entgegengesetzt verursacht werden kann. Es sei darauf hingewiesen, dass diese Formgebungsmechanismen in Wechselwirkung treten können, sich gegenseitig ersetzen und bei der Bildung standhalten. Darüber hinaus wurden die Bedingungen für die Entstehung und die Art der Wechselwirkung von Lasererzeugungsmechanismen genügend untersucht, das heißt dem Thema müsste mehr Aufmerksamkeit gewidmet werden. Um den Prozess eines Laserprozessparameters und der Faktoren seiner Bildung zu analysierenden, sollten die Parameter in drei Gruppen aufgeteilt werden. Die erste Gruppe charakterisiert die Eigenschaften des Materials und enthält:

Absorptionsfähigkeit des Materials, die die Menge der Laserenergie, die zu seiner Erwärmung bestimmt ist, durch das Material absorbiert; thermische Eigenschaften des Materials, um die Verteilung von Wärme in der Massenprobe zu bestimmen; die ursprüngliche Struktur der Materialprobe, die den Ausgabemodus der Verformung der Probe beeinflusst und die ultimative Spannungsverteilung in der Behandlungszone bestimmt; die Phasenzusammensetzung hat einen wesentlichen Einfluss auf die Art und das Ausmaß der Belastung initiiert, um den Mechanismus der thermischen Verformung zu bestimmen; die Geometrie der Probe, das Trägheitsmoment der Probe, das den Grad der Verformung bestimmt, und die Möglichkeit der Wärmeabfuhr, aus dem Behandlungsbereich während der kalten Schichten des Materials entgegenzuwirken. Die zweite

Gruppe von verwandten Parametern der Laserstrahlung ist folgende: Der Leistungslaserstrahl, der die Menge an Energie in der Probe bestimmt; der Durchmesser des fokussierten Laserstrahls, der die Machtkonzentration in der lokalen Verarbeitung bestimmt; die Intensitätsverteilung in dem Querschnitt des Laserstrahls bewirkt, dass die Verteilung der Energie Ablagerungen in der Ebene der Bearbeitungszonen zeigt; der Belichtungsmodus, der die Art der Laserenergie als Eingabe des Bearbeitungsbereichs bestimmt. Dazu kann man einen kontinuierlichen oder gepulsten Modus verwenden. Außerdem wird die Geschwindigkeit der Relativbewegung des Laserstrahls und des Werkstücks beschrieben; die Dauer, die die Höhe der Energiedeposition im Bearbeitungsbereich für den Durchgang eines Laserstrahls durch einen Einheitspunkt leer bestimmt. Die dritte Gruppe enthält Faktoren, die die Bedingungen der Exposition bestimmen: die Trajektorie des Strahls definiert den Bereich des Materials, auf dem Restspannungen erzeugt und deren Verteilung beeinflusst wird; die Anzahl der Durchgänge, die die Anzahl der wiederholten Zyklen der Erwärmung und Abkühlung, sowie den Dehnungsverstärkungswert nach einmaligem Durchlauf auf dem gewünschten Wert bestimmt; die Verfügbarkeit von durch Strom erzwungenen Verformungen dient als zusätzliche Option für Spannungen um den gewünschten Charakter und Wert zu schaffen. Schließlich sollten diese Experimente durchgeführt werden. Auf diese Weise können Schlussfolgerungen gezogen werden. Auch während des Experiments sollte sich nach neuen Eigenschaften des Eisens, die die Laserstrahlung beeinflusst, erkundigt werden. Eine spezielle Methode ist dafür nötig, weil sie in der Zukunft viele Vorteile für verschiedene wissenschaftliche Bereiche bringen wird.

UDK: 621.91.01

Oleksandr Zubko

DIE AUSWAHL DER SCHNEIDBEDINGUNGEN MITHILFE KÜNSTLICHER NEURONETZE

In einer konkurrenzfähigen Umwelt sollte sich die heutige Herstellung des Maschinenbaus auf die Verbesserung der Produktion, die die derzeitigen Tendenzen des Markts befriedigt, orientieren. Die modernen Computersimulation fordert uns geradezu dazu auf, diese Ziele zu erreichen (vgl. Sisoiev S., 2011, S. 264). Eine von vielen Methoden, die die Parameter wie Präzision und Qualität von Flächen verbessert, ist die Anwendung von künstlichen Neuronetzen. Eine mechanische Bearbeitung hat bisher noch nicht diese Anforderungen erfüllt, was zum Einsatz der teuren Feinbearbeitung in technischen Prozessen führt. Deshalb erhöht die Entwicklung der Informationstechnologien die Produktivität und sichert eine hohe Qualität der Produktion. Eine erwartete Präzision der Bearbeitung ist ein summarisches Ergebnis von vielen

Beeinflussungen elementarischer Ungenauigkeiten. Jeder von ihnen leistet ein Beitrag zum Gesamtfehler. Ein Anteil von ihnen im Gesamtfehler ist folgender (vgl. Kolev K., 1961, S.134):

- Abweichung der Aufnahme: 2..40%
- Ungenauigkeit, die mit elastischer Formänderung verbunden ist: 0..80%
- Ungenauigkeit, die mit dem Werkzeugverschleiß zusammenhängt: 5..40%
- Ungenauigkeit im Wärmeverzug: 15..70%
- Ungenauigkeit in der Form wegen geometrischer Ungenauigkeit der Werkzeugmaschine: 1..15%

Aus der Statistik kann abgeleitet werden, dass die Ungenauigkeit, die mit elastischer Formänderung verbunden ist, und die Ungenauigkeit vom Wärmeverzug die größte Auswirkung auf die Qualität haben. Sie sind direkt von den Schneidbedingungen (Zustellung (S), Schnitttiefe (h), Drehzahl des Vorwerkstücks (n) u.a.) abhängig. Die Voraussage und die Auswahl der Schneidbedingungen werden mithilfe künstlicher Neuronetze verwirklicht. Während der Berechnung wurden die vereinfachten Modelle für das gewählte Detail gebaut. Der Algorithmus setzt sich wie folgt zusammen:

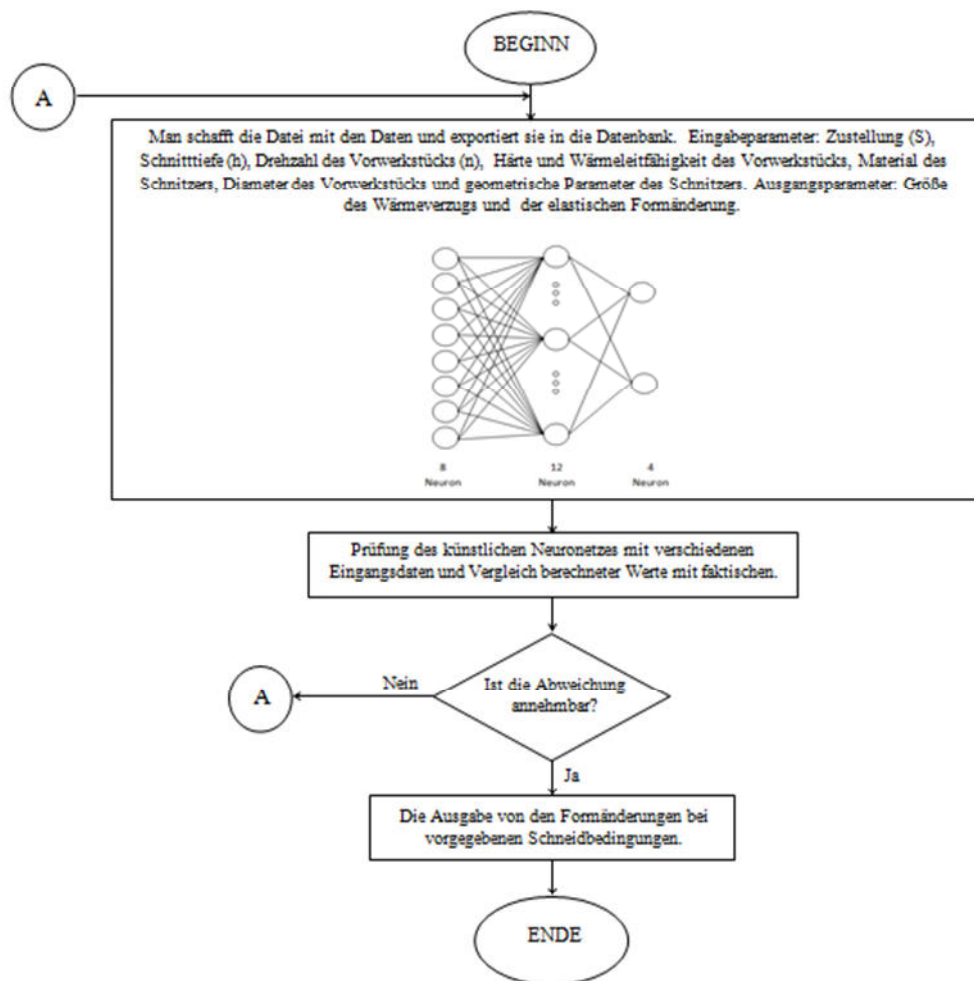


Abbildung 1. Algorithmus der Auswahl der Schneidbedingungen mithilfe künstlicher Neuronetze

Die vorliegende Methodik wird auf dem Stadium der Projektierung des technologischen Prozesses die Wahrscheinlichkeit des Abfalls und die Zeit der technologischen Vorbereitung bei der Projektierung des technologischen Gruppenprozesses verringern. Die Methode, die sich auf künstliche Neuronetze gründet, ist fähig nicht nur die große Menge der Faktoren, sondern auch ihren Einfluss aufeinander zu berücksichtigen. Der Nachteil dieser Methode ist, dass derartige Materialien des Schnitzers und des Vorwerkstücks benutzt werden müssen. Deshalb wird die Voraussage des technologischen Prozesses der Bearbeitung mit Hilfe dieses Netzes nur in den Grenzen der Gruppe der Details (nah an den konstruktiven Eigenschaften) funktionieren.

Quellenverzeichnis

- [1] Kolew K.C. Woprocy totschnocti pri resanii metallow. M.: Maschgis, 1961.
- [2] Sisoew S.K. Technologija maschinotroenija. 2011.