

Glad CONȚIU

Zerspanverarbeitungstechnik 1

Anleitung für die Laborarbeit

UTPRESS
Cluj-Napoca, 2020
ISBN 978-606-737-469-8

Glad CONȚIU

Zerspanverarbeitungstechnik 1
Anleitung für die Laborarbeit



UTPRESS
Cluj - Napoca, 2020
ISBN 978-606-737-469-8



Editura U.T.PRESS
Str. Observatorului nr. 34
C.P. 42, O.P. 2, 400775 Cluj-Napoca
Tel.:0264-401.999
e-mail: utpress@biblio.utcluj.ro
<http://biblioteca.utcluj.ro/editura>

Director: ing. Călin Câmpean
Recenzia: Conf. dr. ing. Domnița Frățilă
Ș.l. dr. ing. Vlad Bocăneț

Copyright © 2020 Editura U.T.PRESS

Reproducerea integrală sau parțială a textului sau ilustrațiilor din această carte este posibilă numai cu acordul prealabil scris al editurii U.T.PRESS.

ISBN 978-606-737-469-8

Bun de tipar: 20.07.2020

Inhalt

1. Bestimmung der Statisches Steifigkeit der Bauteile einer Drehmaschine	
5	
1.1. Zweck der Arbeit.....	5
1.2. Theoretische Betrachtungen.....	5
1.3. Fortschritt der Arbeit.....	9
1.4. Bearbeitung der Ergebnisse.....	11
1.5. Schlussfolgerung. Bemerkungen.....	12
2. Das analytische Berechnen und die experimentelle Überprüfung der technischen Normzeit im Falle des Bearbeitungsverfahrens durch Drehens	13
2.1. Ziel der Arbeit	13
2.2. Theoretische Überlegungen.....	13
2.2.1. Die Normzeit und die Leistungsnorm.....	13
2.3. Die Struktur der Normzeit.....	15
2.4. Der Verlauf der Arbeit	16
2.5. Das Verarbeiten der Daten	19
3. Der Einfluss des Werkzeugverschleißes auf die Präzision bei der Drehbearbeitung.....	21
3.1. Zweck der Arbeit.....	21
3.2. Theoretische Behandlungen	21
3.3. Fortschritt der Arbeit.....	26
3.4. Bearbeitung der Ergebnisse.....	28

4. Bestimmung der Schneidtemperaturen bei Drehen auf normalen Drehmaschinen, Wärmebildkamera Flir Thermokamera E45	30
4.1. Zweck der Arbeit.....	30
4.2. Theoretische Betrachtungen.....	30
4.3. Vorstellung des Geräts	32
4.3.1. Arbeitsprinzip	32
4.3.2. Thermokamera Flir Thermacam E45	33
4.4. Fortschritt der Arbeit.....	34
4.5. Bearbeitung der Ergebnisse.....	35
4.6. Schlussfolgerungen	36
5. Bestimmen der dynamischen Steifigkeit der Baugruppen einer Drehmaschine und ihren Einfluss auf die Präzision der Bearbeitung.....	38
5.1. Ziel der Arbeit	38
5.2. Theoretische Betrachtungen.....	38
5.3. Ablauf der Arbeit	44
6. Änderung der technologischen Referenzbasis	47
6.1. Ziel der Arbeit	47
6.2. Theoretische Überlegungen.....	47
6.3. Die Ausführung der Arbeit.....	49
6.4. Verarbeitung der Ergebnisse	51
6.5. Schlussfolgerungen und Beobachtungen	52
7. Statistische Analyse der Genauigkeitsstabilität der Werkzeugpositionierung gegen das Werkstück.....	53

7.1.	Zweck der Arbeit.....	53
7.2.	Theoretische Überlegungen.....	53
7.3.	Die Ausführung der Arbeit.....	57
7.3.1.	Gerätebeschreibung.....	57
7.3.2.	Die Ausführung der Arbeit	58
7.4.	Datenverarbeitung	60
7.5.	Schlussfolgerungen	61

1. Bestimmung der Statisches Steifigkeit der Bauteile einer Drehmaschine

1.1. Zweck der Arbeit

Die Steifigkeit der Werkzeugmaschinen ist einer der wichtigsten Faktoren, der die dimensionale Präzision, Formgenauigkeit, Positionsgenauigkeit und die Qualität der bearbeitende Fläche beeinflusst.

Sie charakterisiert den Modus durch welchen die Werkzeugmaschine, ihre Bauteile und die Baugruppen sich elastischen Umformungen entgegensetzt, die durch Kräfte, die während des Zerspannungsprozess auftreten, verursacht wird.

Dieses Arbeit verfolgt die Bestimmung der statische Steifigkeit der Hauptbauteile der Drehmaschine: Spindelstock, Reifstock und der Werkzeugschlitzen(Support).

1.2. Theoretische Betrachtungen

Der technologische elastische System MGWW (Maschine, Gerät, Werkzeug, Werkstück) formt sich unter den Einfluss der Schnittkräfte und den anderen Kräfte und Momente, welche auf dieses System wirken um. Diese Umformungen verursachen eine Verschiebung der Position der Schneide des Drehmessers in Verhältnis mit den Werkstück, in die normale Richtung auf die bearbeitende Fläche, gibt Form- und dimensionale Fehler ein, welche die Präzision (Genauigkeit) der Bearbeitung negativ beeinflussen.

Die Steifigkeit des technologischen Systems MGWW definiert sich als das Verhältnis zwischen den Kraftkomponenten nach einer gegebenen Richtung und die Bewegung des Anwendungspunktes der Kraft nach derselben Richtung. Also die Steifigkeit der Bauteile einer Drehmaschine kann mit der folgenden Beziehung ausgedrückt werden:

$$R_y = \frac{F_y}{y} \left[\frac{daN}{mm} \right] \quad (1.1)$$

Die umgekehrte Steifigkeit wird *Grad Ausfall* genannt und ist mit der folgenden Beziehung bestimmt:

$$W = \frac{y}{F_y} \left[\frac{mm}{daN} \right] \quad (1.2)$$

Die Bestimmung der Steifigkeit eines Systems durch der analytischen Methode ist möglich, aber schwierig, sodass die Bestimmung durch die Messung der Steifigkeit der Bauteilekomponenten erhalten wird und danach auch die totale Steifigkeit bestimmt wird. Die Kräfte, welche in den Zerspanungsprozess erscheinen sind dynamische Kräfte, darum bleibt die statische Steifigkeit ein relatives Kriterium der Wertschätzung der Präzisionsbearbeitung, ein Kriterium der Wertschätzung der Konstruktion der Drehmaschine und ist eine der Abnahmeprüfungen. Die zulässige Werte der statischen Steifigkeit sind in STAS 6869-87 angezeigt.

Für die Analyse des Einflusses der Steifigkeit auf die Bearbeitungspräzision ist die Bestimmung der dynamischen Steifigkeit nötig. Die elastische technologische Steifigkeit des Systems MWGG ist variable nach der Position des Schneidwerkzeuges oder des bearbeitendes Werkstückes.

Diese Gründe sind die Veränderung des spezifischen Einflusses der verschiedenen Bauteile und *Unterbauteile*, bei den Steifigkeitssystem wechseln die Abstände zu diesen Bauteilen, bis zur Arbeitsposition des Schneidwerkzeuges oder des bearbeitenden Werkstückes und der Änderung einer Faktornummer, welche die Steifigkeit des Systems (die Temperatur, Änderung der Größe in Konsole der Werkstückes, Variation des Zusatzbearbeitung und die Härte der Material, u.s.w) beeinflussen.

Die Steifigkeit des technologischen Systems MGWW besteht aus der Steifigkeit der Baugruppen; der Maschine, des Werkzeuges, des Gerätes, des Werkstückes. Von diesen, die Steifigkeit der Werkzeugmaschinen und des Werkstückes haben einen großen Einfluss auf die totale Steifigkeit des Systems. Die Steifigkeit der Werkzeugmaschinen ist so aufgebaut, von der Steifigkeit der Bauteile und die Komponente der Unterbauteile.

Von diesen, die Steifigkeit der Hauptwelle (Arbeitsspindel), der Gestell und Bett, Halter und der Befestigungsteile sind die wichtigsten.

Die Messung der statischen Steifigkeit besteht aus der Messung mit Hilfe des Mechanischer Feinzeiger der Umformungen verursacht allmählichen Belastung mit wachsenden Kräfte der Unterbauteile in ruhigen Zustand. Das zeichnen der Steifigkeitskurven bei Belastung und bei Herunterbelastung des Systems (siehe Abb.1), hervorhebt, dass die Kurven sind nicht identisch, enthält eine Fläche, welche nicht proportional mit der mechanischen Arbeit verbraucht für die Zubringung in der Initialposition des technologisch umformten elastischen Systems.

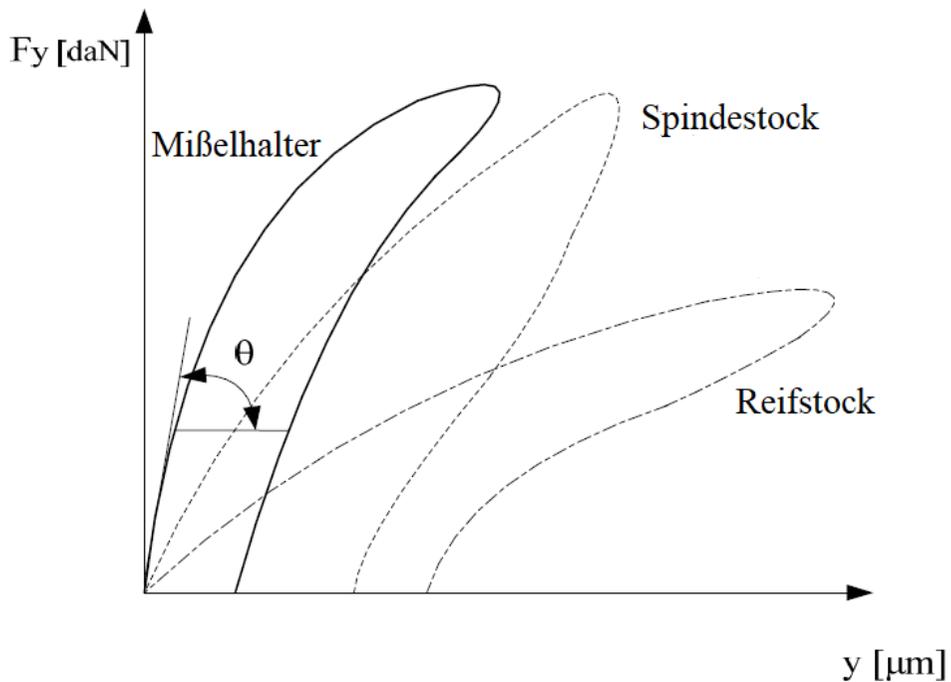


Abb. 1.1 Die Kurven der Laden und Herunterladen der Unterbauteile der Drehmaschine [1]

Laden und Herunterladen der Unterbauteile kann mit einer Kraft gemacht werden, welche drei, zwei oder ein Komponente erstellt. Ein Laden mit einer Kraft mit drei Komponenten, fordert die Drehmaschine an mehr an die reale Bedingungen der Zerspannung an, aber benötigt komplizierte Geräte.

Wissend die angewendeten Kräfte auf die Unterbauteile und Messung der produzierten Umformungen von dehnen bei Laden und Herunterladen können die Steifigkeitskurven der drei Unterbauteile betragen (Abb. 1.1): Spindelstock, Reitstock und die Werkzeugssupport. Die Steifigkeit eines Bauteils nach den Abbildung 1 wird:

$$R_y = \frac{F_y}{y} = \text{tg} (\theta) \quad (1.3)$$

$$R_{y \text{ min}} = \text{tg} (\theta_{\text{min}}) \quad (1.4)$$

1.3. Fortschritt der Arbeit

Für die Bestimmung der statischen Steifigkeit der Unterbauteilkomponente der Drehmaschine benutzt man die dynamometrische Methode. So in Abbildung 2 ist die Schema der dynamometrisches Gerät mit differentiales *Schritt* vorgestellt, benutzt in den Labor der Maschinenbau für die Bestimmung der statischen Steifigkeit der Unterbauteile einer Drehmaschine.

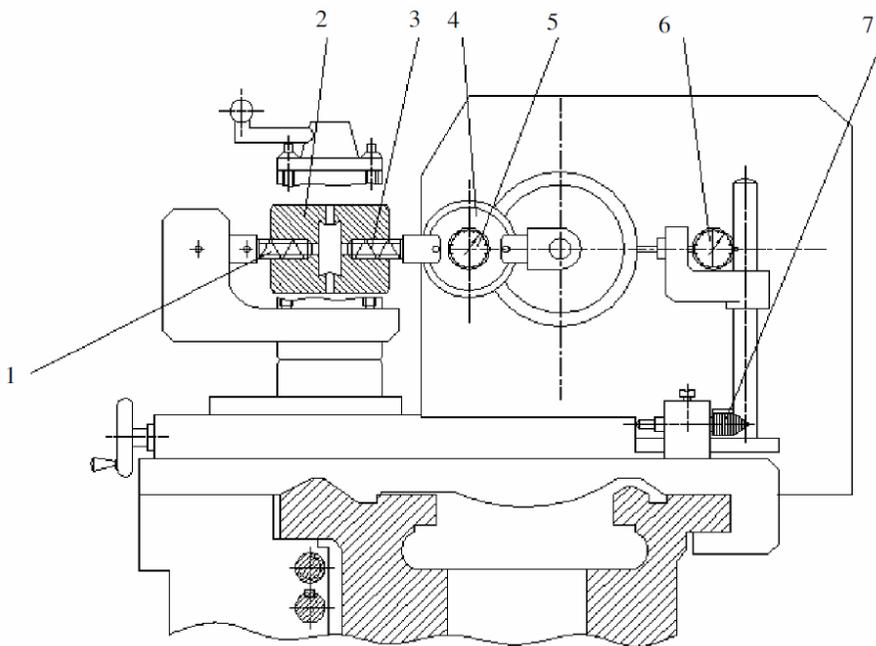


Abb. 1.2 Das Messen der statischen Steifigkeit der Unterbauteile der Drehmaschine [1]

In die Abbildung ist der Weg wie der dynamometrisches Gerät zwischen den Hauptwelle und der Werkzeughalter montiert wird, gezeigt. Das Spannen des Systems wird mit Hilfe der Mutter 2 und der anderen Schrauben mit differentiales *Schritt* 1 und 3. Drehend die Mutter sie wird schneller entfaltet von den Schraube und wird langsamer auf den anderer wickeln. Als

Folge anhängig der Drehwinkel der Mutter in System wird eine Bewegung produziert. Diese Bewegung ist von den elastischen Ring 4 übernommen, welches auch umformt wird und als Folge kinetische Energie speichert. Durch die Aktion dieser eingeführte Kräfte werden im System zwei Unterbauteile zwischen welche das fixierte Gerät sich verformt.

Die Umformungen messt man mit den Mechanischer Feinzeiger 6 und 7, deren Stützen sind auf den Bett fixiert.

Die Größe der Kraft von den System kann man mit Hilfe des Mechanischer Feinzeiger 5 lesen, montiert in den elastischen Ring 4 (Uhrkomparator ist kalibriert, direkt in daN).

Mit den gelesenen Werten von den Einladen und Herunterladen des Systems steigen die Steifigkeitskurven der Unterbauteile.

1. Für die Erhöhung der Steifigkeitkurve des Spindelstocks, wird der Dynamometer in die Spitzen der Spindelstock und der Werkzeughalter der Drehmaschine fixiert. Der Halter der Uhrkomparator wird auf dem Bett der Drehmaschine fixiert, der Fühler im Kontakt mit der Spitze der Spindelstock, in der entgegen Anwendung der Ladenkräfte.
2. Für die Erhöhung der statische Steifigkeitkurve der Reitstock, wird der Dynamometer zwischen den Spitze von Reitstock und Werkzeughalter der Drehmaschine fixiert. Der Halter der Uhrkomparator wird auf dem Bett der Drehmaschine fixiert, der Fühler im Kontakt mit der Spitze der Spindelstock, in der entgegen Anwendung der Ladenkräfte.

Für die spannen der Werkzeughalter benutzt man einen der vorigen Montage mit die Differenz, dass der Fühler wird im Kontakt mit der Werkzeughalter der Drehmaschine. Das Laden kann man mit positive oder negative Aufgaben machen, Anhang der Sinn der Ladenkraft. Die Werte der Kräfte werden nach STAS 6869-87 genommen.

7.	300								
----	-----	--	--	--	--	--	--	--	--

1.5. Schlussfolgerung. Bemerkungen

1. Man offensichtlich die Elemente der Werkzeugmaschinen mit geringer Steifigkeit und wird die konstruktive und technologische Maßnahmen welche notwendig sind, nehmen.
2. Wissend die Steifigkeit erlaubt die Entscheidung der besten Werkzeugmaschine hinsichtlich auf die Steifigkeit für die Erhaltung einer bestimmten Maßgenauigkeit, erreichen akzeptablere Produktivitätsindikatoren.
3. Wissend die statische Steifigkeit der Werkzeugmaschinen erlaubt die Erhaltung der Anzeige auf die Stabilität der Werkzeugmaschinen und die Vibrationen zu vermeiden.

Man wird die Werte der minime Steifigkeit mit denen zugelassen von STAS 6869-87.

2. Das analytische Berechnen und die experimentelle Überprüfung der technischen Normzeit im Falle des Bearbeitungsverfahrens durch Drehens

2.1. Ziel der Arbeit

Das Ziel der Arbeit besteht in der Definition der Normzeit, seinen Bestandteilen, den Methoden ihrer Feststellung und die experimentelle Überprüfung der Normzeit im Fall der Bearbeitung einer Welle durch Drehen.

2.2. Theoretische Überlegungen

Der erforderliche Verbrauch von Arbeit für die Durchführung einer Arbeitsphase oder der Produktherstellung wird durch die Normzeit dargestellt. Die Normzeit ist die Grundlage für die Bestimmung der Fähigkeit/Kapazität und der Arbeitsvergütung in einer wirtschaftlichen/ökonomischen Einheit. Die Aufgabe der Normierung besteht in dem Erfassen der Reserven, die zu der Reduzierung der Arbeitskosten führen für die Produktion unter den real existierenden Bedingungen.

Basierend auf die Normzeit wird Folgendes festgestellt: die erforderlichen Maschinen und Geräte, die notwendigen Arbeiter, der technologische Prozess wird koordiniert und die Arbeit wird organisiert. Die technische Normzeit ist die Grundlage für die Vergütung der Arbeit, die Feststellung der Gestehungskosten, sowie für die Festlegung der optimalen Verarbeitungsvariante.

2.2.1. Die Normzeit und die Leistungsnorm

Die Standardzeit N_t stellt die notwendige Zeit für die Durchführung einer Arbeit oder Operation, von einem Arbeiter oder einem Team unter bestimmten technischen und organisatorischen Bedingungen, dar.

Die Leistungsnorm N_p ist die Menge des Produktes das von einem Arbeiter oder einem Team pro Zeiteinheit unter bestimmten technischen und organisatorischen Bedingungen ausgeführt werden muss.

Die Verbindung zwischen den beiden Normen wird vom folgenden Verhältnis gegeben:

$$N_t = \frac{1}{N_p} \quad (2.1)$$

Wenn die Normzeit um $x\%$ abnimmt, und die Leistungsnorm um $y\%$ zunimmt, geht Folgendes hervor:

$$N_{t2} = N_{t1} - N_{t1} \cdot \left(\frac{x}{100}\right) = N_{t1} \left(1 - \frac{x}{100}\right) \quad (2.2)$$

$$N_{p2} = N_{p1} + N_{p1} \cdot \left(\frac{y}{100}\right) = N_{p1} \left(1 + \frac{y}{100}\right) \quad (2.3)$$

Also, wenn $N_{p1} = 1/N_{t1}$ ersetzt wird, erhält man:

$$N_{p1} \left(1 + \frac{y}{100}\right) = \frac{1}{N_{t1} \left(1 - \frac{x}{100}\right)} \quad (2.4)$$

$$1 + \frac{y}{100} = \frac{1}{1 - \frac{x}{100}} \quad (2.5)$$

daraus folgt, dass:

$$x\% = \frac{100 \cdot y}{100 + y} ; \quad y\% = \frac{100 \cdot x}{100 - x} ; \quad (2.6)$$

In der Maschinenbauindustrie sollten die Normzeiten und die Leistungsnormen unter Berücksichtigung Folgender festgelegt werden:

- die vernunftgemäße und vollständige Nutzung der Produktionsmittel;
- die vernunftgemäße Gestaltung des Arbeitsplatzes, das Schaffen der notwendigen Voraussetzungen für den reibungslosen Produktionsablauf;
- die Gestaltung der Erschließung des Arbeitsplatzes;

- die Berufsausbildung der Arbeiter.

2.3. Die Struktur der Normzeit

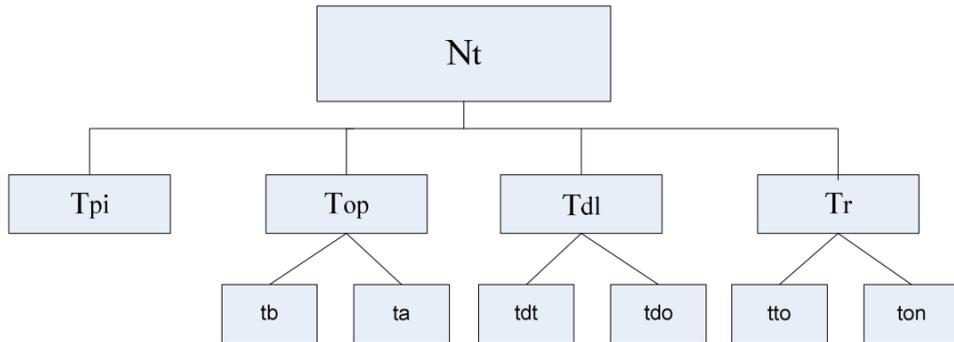


Abb. 2.1 die Struktur der Standardzeit [1]

Also:

$$N_{t_{buc}} = T_{pi} + T_{op} + T_{dl} + T_r \text{ [min]} \quad (2.7)$$

oder

$$N_{t_{lot}} = T_{pi} + n \cdot (T_{op} + T_{dl} + T_r) \text{ [min]} \quad (2.8)$$

wo: n die Anzahl der Stücke in der Meng darstellt

Sinn und Inhalt dieser Zeiten ist folgendermaßen:

T_{pi} – die Vorbereitungs- und Vollendungszeit und umfasst die Arbeiten, die der Arbeiter vor Beginn der Arbeit und nach Verarbeitung einer Charge von Teilen durchführen muss. Diese Tätigkeiten umfassen: das Lesen der Zeichnung, das Erhalten der Anweisungen, die Vorbereitung der Werkzeuge und Geräte, das Einstellen der Werkzeugmaschine, die Übergabe der verarbeiteten Teile, Werkzeuge und Geräte, die Reinigung des Arbeitsplatzes. Die Vorbereitungs- und Vollendungszeit hängt nicht von der Größe der Herstellungsladung ab und wird ein einziges Mal standardisiert für die gesamte Charge.

T_{op} – Die operative Zeit/Dauer besteht aus der Basiszeit t_b , die für die Ausführung der eigentlichen Verarbeitung verwendet wird, während der die Veränderung der Größe, der Form, des Zustandes und der gegenseitigen Abwicklung der bearbeiteten Oberflächen, und der Hilfszeit t_a , notwendig für die Befestigung der Werkstücke, das Einschalten der Werkzeugmaschine, die Annäherung und Entfernung des Werkzeugansatzes, der Messung der Dimensionen, die Befestigung und die Verlagerung des Teiles.

T_{dt} – die Zeit der Wartung des Arbeitsplatzes ist die verbrauchte Zeit für die Sicherstellung der Arbeitsverhältnisse. Diese Zeit hat zwei Komponenten: die Zeit für die technische Wartung t_{dt} und die Zeit für die organisatorische Instandhaltung des Arbeitsplatzes t_{do} .

Die Zeit für die technische Wartung beinhaltet: den Werkzeugwechsel, die Verstellung der Vorrichtung, die regelmäßige Größenanpassung der Werkzeuge zu Beginn und bei Abschluss des Arbeitstages.

T_r – die Zeit der geregelten Unterbrechungen/Störungen umfasst die Zeit der von der etablierten Technologie bedingten Unterbrechungen/Störungen und der Produktionsgestaltung, der Ruhezeit und der Zeit für die natürlichen Bedürfnisse.

2.4. Der Verlauf der Arbeit

Im Rahmen der Arbeit wird die Normzeit auf analytische Weise festgestellt und auf experimentelle Weise durch die Methode der Zeitmessung überprüft für die Bearbeitung einer Welle durch Drehen. (Abb. 2.2)

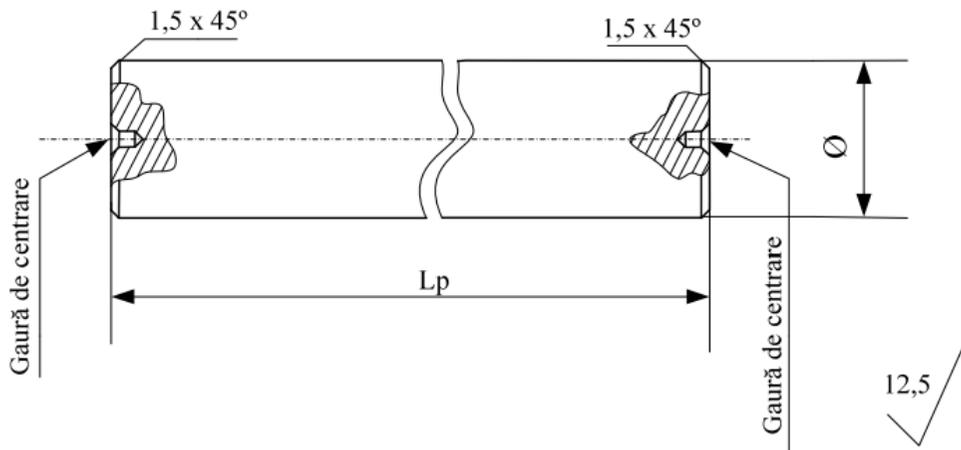


Abb. 2.2 das zu verarbeitende Werkstück [1]

Das verwendete Halbzeug wird ein gewalzter Rundstab sein. Um die technisch Normzeit konkret bestimmen zu können, muss Folgendes festgelegt werden:

- die Phasenfolge
- Schnittparameter
- die erforderlichen Handhabungen
- die Arbeitslänge

1.) die Abfolge der Phasen

Aufstellung A: Phase 1: - Frontdrehung

Phase 2:- Zentrierung

Phase 3: Drehen $\Phi \times L_p/2$

Phase 4: Fasen $1,5 \times 45^\circ$

Aufstellung B: Phase 1: Frontdrehung

Phase 2: Zentrierung gegenüberliegende Seite

Phase 3: Drehen $\Phi \times L_p/2$

Phase 4: Fasen $1,5 \times 45^\circ$

2.) Auswahl der Elemente des Dreharbeitssystems

Werkzeug: Karbid Messer

Zentrierungsbohrer

$f_1 = \dots \dots \dots \text{mm/u}$

$f_t = \dots \dots \dots \text{mm/u}$

$n = \dots \dots \dots \text{u/min}$

Die Basiszeit wird aufgrund folgender Beziehung ermittelt:

$$t_b = \frac{L}{n \cdot s} \cdot i \text{ [min]}$$

wo für das Längsdrehen:

$$L = l_1 + l + l_2 \text{ [mm]}$$

$$l_1 = t \cdot \text{ctg } k + (0,5 - 2) \text{ [mm]}$$

$$l_2 = (0,5 - 2) \text{ [mm]}$$

für das Frontdrehen:

$$L = l_1 + D/2 + l_2 \text{ [mm]}$$

$$l_1 = t \cdot \text{ctg } k + (0,5 - 2) \text{ [mm]}$$

$$l_2 = (0,5 - 2) \text{ [mm]}$$

Bei den Phasen mit manuellem Vorschub (Zentrieren, Fasen) werden normative Werte verwendet die experimentell ermittelt wurden. Für die Feststellung der Hilfszeiten müssen alle Handhabungen die der Arbeiter durchführt. gekannt werden, und ihnen zufolge wird die Hilfszeit aus den Normativen festgestellt. Somit sollte der Arbeiter in der ersten Phase folgende Handhabungen durchführen:

- das Spannen des Halbzeugs
- das Drehen des Schneidehalterkopfs in die entsprechende Position
- das Platzieren des Schneide auf die erforderliche Länge
- Start des Umdrehung
- der Koppler des Vorschub
- Entkopplung des Vorschub
- die Rückführung der Schneide in die Ausgangsposition

Auf ähnliche Weise wird auch für die anderen Phasen vorgegangen, um am Ende dem Hilfszeit für die ganze Operation zu erschließen.

Die entsprechenden Hilfszeiten für jede einzelne Phase werden mittels der Anhänge 1...7 festgelegt, welches von den Arten des Spannens, den Maßen des verarbeiteten Stückes, den verwendeten Werkzeugen, Messgeräte usw. abhängt.

2.5. Das Verarbeiten der Daten

- die Basiszeit für das Längsdrehen und die zwei Querplandrehung wird berechnet
- aus den Normativen werden die entsprechenden Hilfszeiten festgestellt

- die operative Zeit T_{op} wird festgelegt

$$T_{op} = t_b + t_a \text{ [min]} \quad (2.9)$$

- die analytischen Werte und die durch die Zeitmessung erhaltenen, werden in die Tabelle 2.2 eingetragen, zentralisiert für jede einzelne Phase

- die Normzeit wird für eine Charge von $n=1000$ Stück bestimmt, basierend auf das Verhältnis (2.7), die Vorbereitungs- und Vollendungszeiten, Hilfszeiten, die Zeiten für die Wartung des Arbeitsplatzes und die Zeit der geregelten Unterbrechungen/Störungen werden aus den Anhängen 1-7 ausgewählt.

Tabelle 2.1

Phasenname	l_p [mm]	l_1 [mm]	l_2 [mm]	L [mm]	t [mm]	f [mm/u]	n [u/min]	v [m/min]

Tabelle 2.2

Analytische Norm [min]			Timing [min]		
t_b	t_a	T_{op}	t_b	t_a	T_{op}

3. Der Einfluss des Werkzeugverschleißes auf die Präzision bei der Drehbearbeitung

3.1. Zweck der Arbeit

Der Verschleiß des Werkzeuges während der Bearbeitung des Werkstückes ist ein komplexer Prozess, beeinflusst von mehreren Faktoren: mechanische und thermische Anforderungen, mechanische Abrasion zwischen dem Span-Werkzeug-Werkstück, Anzahlung auf dem Schneide, Verbrennung, Oxidationen, u.s.w.

Der Verschleiß des Werkzeug führt zu Maßabweichungen, zu Verschlechterung der Rauheit der bearbeitenden Fläche, zu Erwärmung des Werkzeug und des Werkstückes, zu Erhöhung des Energieverbrauches und am Ende zur Zerstörung der Schneidkante. Die anwesende Arbeit hat als Ziel die Bestimmung der Variation des Verschleißwerkzeug abhängig von der Bearbeitungslänge und der Qualität des Materialwerkzeuges.

3.2. Theoretische Behandlungen

Von der Aussicht der Präzision der Bearbeitung analysiert man nicht den Verschleiß u auf die Frei- und Spanfläche (u_a und u_s), welches die Kapazität der Zerspannung bestimmt, sondern den dimensional verschleiß in die senkrechte Richtung auf die bearbeitende Fläche.

Natürlich das Aussehen mehr oder weniger ausgeprägt des Verschleißes auf die zwei Flächen des Werkzeuges ist von einer Reihe von Faktoren beeinflusst: der bearbeitende Material, der Material des Werkzeuges, Schnitt Parameter, u.s.w. Die Erkennung des Aussehens und die Möglichkeit der Bestimmung der Ver-

schleiß, insbesondere der dimensionale, ist besonders wichtig für die Bestimmung der Präzision der Bearbeitung bei Maschinen mit Anfangseinstellung und bei denen mit Anpassung basierend von adaptive Steuerung

Die Berechnung der dimensionale Verschleiß basiert sich auf die Beziehung $u = h \times tg\alpha$ (Abb.1), ergibt Fehlern bis zu 40%, weil die Schneidkante nicht immer in den Spitze des Messers ist, sie ändert ständig während der Zerspaltung. Darum, die dimensionale Verschleiß u muss bestimmt mit Hilfe von Spezialgeräte.

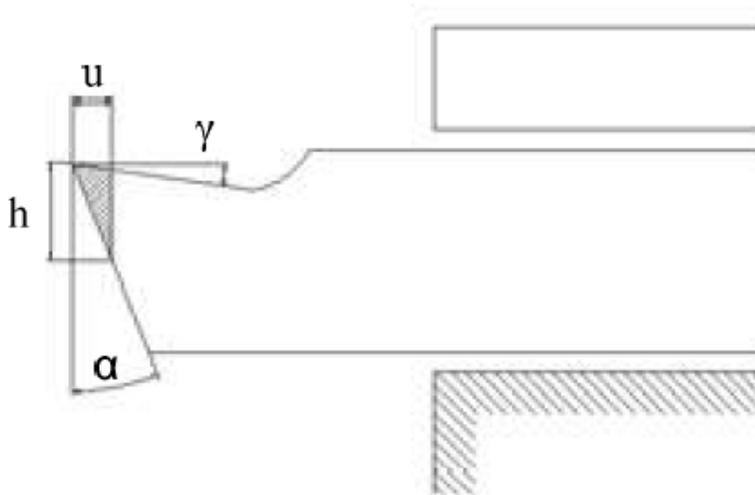


Abb. 3.1 Der dimensionale Verschleiß des Werkzeuges

Die Diagramm des dimensionalen Verschleißes abhängig von Zeit stellt drei Zone vor:

I – die Zone der erhöhte Verschleiß, wenn die Spitze der Unregelmäßigkeit abflachten.

II – die Zone der Normalverschleiß (linear),

III – die Zone der Schnellverschleiß.

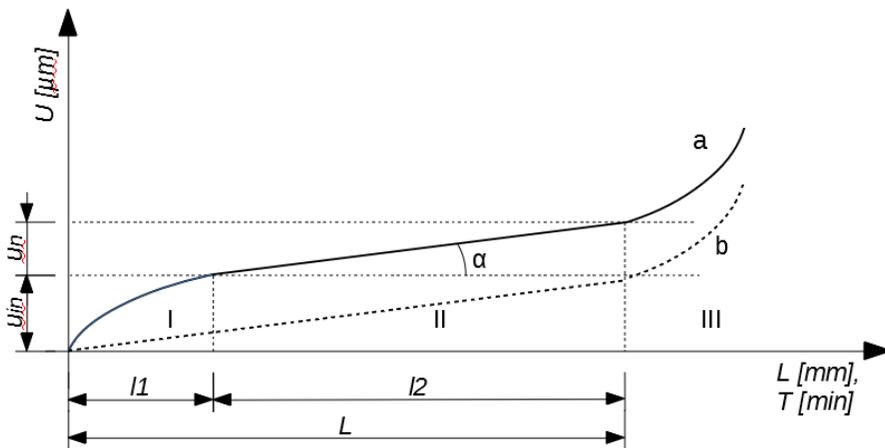


Abb. 3.2 Die Diagramm der dimensionale Verschleiß der Werkzeug anhängig von Zeit

Die Verschleiß u kann auch in Bezug auf die Zerspanungslänge, beziehungsweise auf den Weg der Spitze des Werkzeuges ausgedrückt werden:

$$L = v \cdot \tau \quad (3.1)$$

τ – die Arbeitszeit des Werkzeuges [min];

v – die Zerspanungsgeschwindigkeit [m/min];

L – die durchgehende Länge der Spitze des Werkzeuges in Zeit τ [m].

Bei der Vorstellung der Variationskurven der Verschleiß $u = f(L)$ für Drehwerkzeug mit einer Platte aus Vollhartmetall (Abb.3) kann man unterschiede dieselben drei Verschleißzone: eingeführt Verschleiß, Normalbetriebsverschleiß und Schnellverschleiß. Zwischen 1000 und 1500 m gilt als initiale Verschleiß. Generell kann man bemerken, dass in die Zone des Normalverschleiß, kann eine lineare Verschleiß mit eine konstante Geschwindigkeit der Verschleiß: $v_u = ct$ annehmen

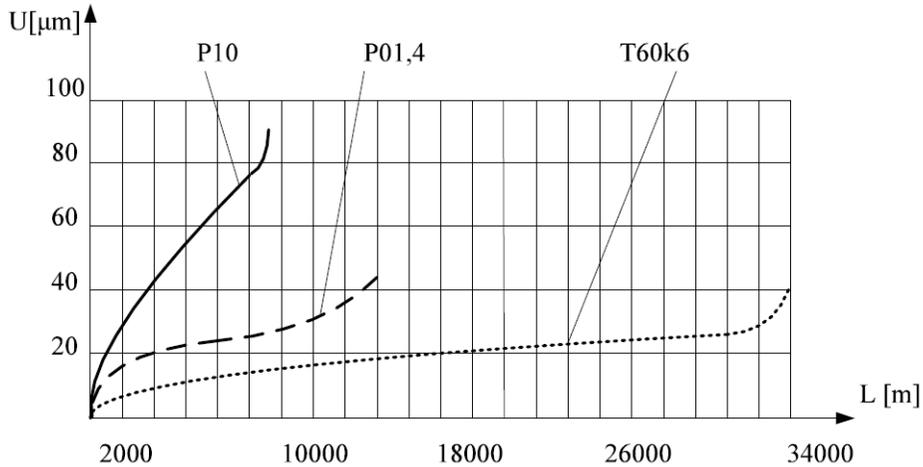


Abb. 3.3 Variationskurven der Verschleiß anhängig von Zerspanungslänge für Meisel mit Platte aus Vollhartmetall

Für die ungefähre Bestimmung für den dimensionalen Verschleiß, nach eine bestimmten durchgemachte Distanz auf die zerspannte Fläche kann man häufig benutzen der Begriff spezifische Verschleiß u_{sp} , definiert von den Beziehung: u_{sp}

$$u_{sp} = \frac{1000 \cdot u}{L} \quad \left[\frac{\mu m}{1000 m} \right] \quad (3.2)$$

Der spezifische Verschleiß ist der Verschleiß in μm in die radiale Richtung berichtet zu 1000m Zerspanungslänge. Wenn man auch die ursprüngliche Verschleiß genannt auch die eingeführte Verschleiß berücksichtigt, kann man den Verschleiß mit die Beziehung:

$$u = u_i + u_{sp} \frac{L}{1000} \quad [\mu m] \quad (3.3)$$

Die Werte für den ursprüngliche Verschleiß sind in die Literatur in Bezug auf dem Materials des Werkzeug angezeigt. Für die Bestimmung des

spezifischen Verschleißes, muss der Messer vorher eingeführt auf die Freifläche und auf die Spanfläche zu beseitigen die ursprüngliche Verschleiß, in dieses Fall ergibt:

$$U = u_{sp} \frac{L}{1000} \text{ sau } u_{sp} = \frac{U \cdot 1000}{L} \left[\frac{\mu m}{1000m} \right] \quad (3.4)$$

Bei Drehen:

$$L = \frac{\pi \cdot d \cdot l}{1000 \cdot s} [m] \quad (3.5)$$

Wo:

d – der Durchmesser des Werkstückes , [mm];

l – die Länge auf welche bearbeitet der Werkstück, [mm];

s - Vorschub, [mm/ rot].

Der Verschleiß des Messers ist von Zerspannungsgeschwindigkeit, die Härte der Meißels Material und die Härte des Werkstückes. Die Variation der Verschleiß der Drehmesser anhängig von Zerspannungsgeschwindigkeit beeinflusst, bei Bearbeitung mit Messer mit verschiedene Platte aus Vollhartmetalle ist in Abb.4 dargestellt.

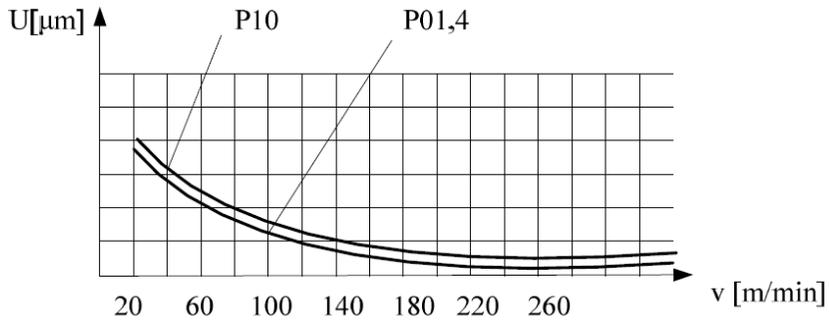
Man bemerkt, dass die günstige Zerpsanungsgeschwindigkeit, Hinsicht auf die dimensionale Verschleiß ist zwischen 80 und 160 m/min. Die Geometrie des Werkzeuges hat auch ein Einfluss auf die dimensionale Verschleiß. Zum Beispiel, eine Facette mit einen negativen Spanwinkel mit einer Breite von 0,05mm beeinflusst beträchtlich den Verschleiß.

Der Verschleiß der Messer wächst gleich mit den Wachstum der Härte der bearbeitende Material.

Der dimensionale Verschleiß in Fall der Bearbeitung einer Welle durch Drehen produziert eine dimensionale Abweichung des Durchmessers. Als Folge die dimensionale Abweichung des Werkzeugverschleiß ist:

$$\Delta d = 2u \quad [\mu m] \quad (3.6)$$

Ohne Wärmebehandlung



Mit Wärmebehandlung

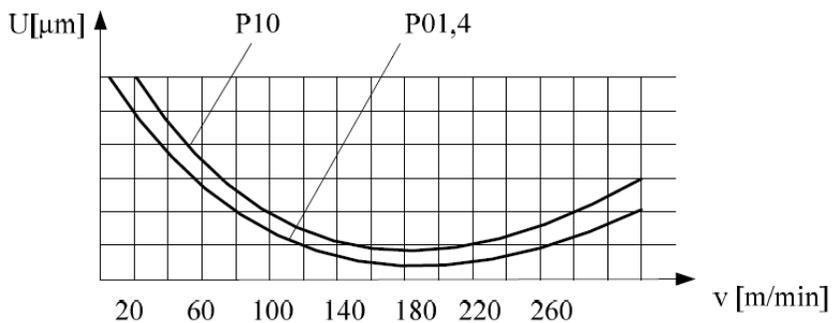


Abb. 3.4 Die Variationkurven der Verschleiß anhand der Zerspannungsgeschwindigkeit für Messer mit Platten aus VHM.

3.3. Fortschritt der Arbeit

Es wird die Welle gleich als Bemaßungen/Größe bearbeitet, selbe Härte mit zwei verschiedene Messer: einer aus Schnellstahl und einer mit eine Platte aus VHM zu markieren der Einfluß der Materialqualität des Werkzeuges auf den Verschleiß. Die Werkzeuge werden eingefahrt auf die Freifläche und auf die Spanfläche zu beseitigen den eingefahrte Verschleiß. Für die Messung der Drehmesser Verschleiß benutzt man der Gerät vorgestellt in Abbildung 5.

1. Man misst der Durchmesser von den ersten Welle (mit Messschieber.
Man fixiert der Welle auf dem Drehmaschine.
2. Man legt der Messer in den Orthotestgerät und einstellt der Uhr Kom-
parator;
3. Man fixiert der Messer in der Werkzeughalter.
4. Man einstellt die Elemente der Schnittparameter: Schnitttiefe (t), Vor-
schub(s), Drehzahl (n). Man beginnt die Bearbeitung.
5. Man beendet der Zerspanungsprozess nach 1 Minute, 2 bzw. 3 Mi-
nute. Jedes Mal wird den Verschleiß und die thermische Umformung
der Messer gemessen, und nach dem Kühlung, der Verschleiß der Mes-
ser mit Hilfe der Orthotestgerät.
6. Man befestigt auf dem Drehmaschine ein identischer Welle identisch als
Größe und Härte und wiederholt die Punkte 2-4, und benutzt ein Messer
mit eine Platte aus VHM. Man vergleicht die Ergebnisse mit denen von
Punkt 5 und wird der Einfluss der Härte der Messer auf ihr Verschleiß
gesetzt.

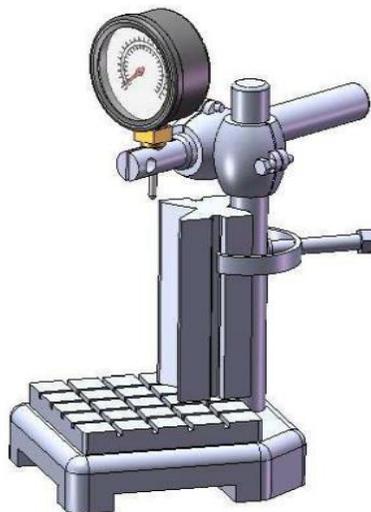


Abb. 3.5 Verschleiß Messgerät [1]

3.4. Bearbeitung der Ergebnisse

- Man füllt die Tabelle 3.1 mit die Elemente der Schnittregime (t , s , n), die Größe der bearbeitenden Welle (lp , d), die Schnittlänge und der Verschleiß anhängig der effektives Schnittzeit, für jedes bearbeitender Welle.
- Die Schnittlänge rechnet man mit die Beziehung (5) und die Verschleiß mit die Beziehung (2).
- Man zeichnet die Variationen Diagrammen des Werkzeug Verschleiß anhängig den Schnittlänge für jedes Fall (Abb. 6)

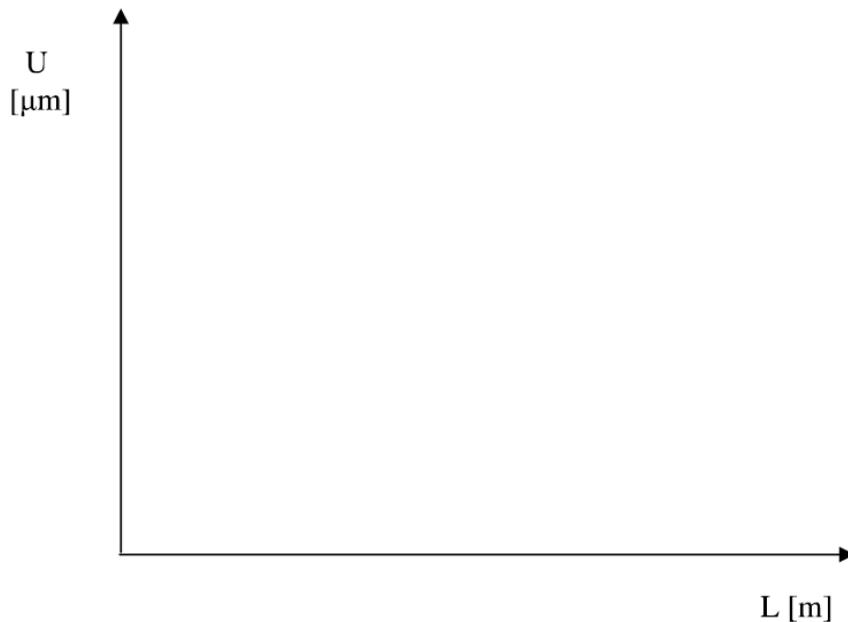


Abb. 3.6 Die Variationsdiagramm des Werkzeug Verschleiß im Abhängigkeit mit dem Schnittlänge

Tabelle 3.1

Qualität des bearbeiteten Material	Drehwerkzeugtyp	Die Elemente der Schnittregime	Die Messungen der bearbeitenden Welle
		$t[mm] =$ $s[mm/rot] =$ $n[rot/min] =$	$l_p[mm] =$ $d[mm] =$
	Effektive Schnittzeit [Min]		
	1.	2.	3.
$l[mm]$			
$L[mm]$			
$U[\mu m]$			
$\Delta d[\mu m]$			
U_{sp}			
<i>Verschleiß + thermische Formänderung</i>			

Schlussfolgerungen und Beobachtungen

1. Es wird die Variation der Verschleiß gemeldet an der Schnittlänge gefolgt.
2. Es wird der Einfluss der Material Härte der Messer auf ihr Verschleiß studiert.
3. Es wird die dimensionale Abweichung durch Messer Verschleiß verursacht studiert.

4. Bestimmung der Schneidtemperaturen bei Drehen auf normalen Drehmaschinen, Wärmebildkamera Flir Thermokamera E45

4.1. Zweck der Arbeit

Der Zweck dieser Arbeit ist die Bestimmung der Spannungstemperatur durch Verwendung der Thermographie, eine zerstörungsfreie, nicht-invasive und berührungslose Methode der Visualisierung der Verteilungsoberflächentemperaturen des untersuchten Körpers.

4.2. Theoretische Betrachtungen

Die thermische Energie, welche in einem Spannung Prozess entsteht, wird in verschiedene Mengen (abhängig vom Typ des Prozesses) zwischen Span, Werkzeug, Werkstück und Umwelt verteilt. Die Thermographie in Infrarot ist eine Visualisierungstechnik der Temperaturverteilung an der Oberfläche der Körper (unsichtbar mit freiem Auge) und eine Messtechnik der Werte der Temperatur in jedwelchem Punkt des Bildes.

Die Thermographie macht die Wärme sichtbar und messbar. Diese Methode der Messung der Temperatur von weitem ist als eine Anwendung von militärischen Techniken im zivilen Bereich (Technik, Wissenschaft, Medizin) nach Mitte der 50er Jahren entstanden.

Die Aktivitäten der Erhaltung der Energie, einschließlich der optimalen Nutzung der Primär- und Sekundärenergieressourcen, sind die dringendsten und wirksamsten Maßnahmen für die Entwicklung einer gesunden Ökonomie.

Die industrielle Anlagen, in denen die technologischen Prozesse höhere thermische Niveaus in Verhältnis zur Umwelt erfordern, zeigen

energetische Verluste, die abhängig von der Topologie der Anlagen, aber auch von der Qualität und dem Zustand der Isolierung sind.

Die Auswertung dieser Energieverluste, welche die Effizienz der Systeme mindern, beinhaltet das Wissen über die Wärmeverteilung aller Komponenten. Dies wird durch die Verwendung des Thermographie Systems erreicht, welches die Verteilung der Oberflächentemperatur der Geräte durch Messen der Strahlung IR (Infrarot) visualisiert. Die Methode der Prüfung mit Hilfe der Thermografie gibt es erst seit kurzem in der Praxis der nicht-destruktiven Prüfungen, weswegen sie noch in diese Kategorie der speziellen Methoden klassifiziert wird. Dank der neuen Technologien wurden also Wärmebild- und IR-Thermographie Kameras hergestellt, die die Betrachtung der abgestrahlten, übertragenen und durch biologische oder technische Systeme reflektierten Energie ermöglichen, wobei das Endergebnis die Visualisierung der Temperatur (bw. der Temperaturen) im Messobjekt darstellt.

Die verwendeten detektierenden Strukturen in der berührungslosen Thermometrie, Thermographie und Wärmebildkameras arbeiten in dem infraroten Teil des elektromagnetischen Spektrums, welche Strahlung mit einer Wellenlänge zwischen 3 μm und 14 μm enthält. Der IR-Bereich kann in drei Teilregionen unterteilt werden: nah-IR, mittel-IR und weit-IR. Die Technik der Temperaturmessung durch THV / THG - IR arbeitet im nahen und mittleren Infrarotbereich.

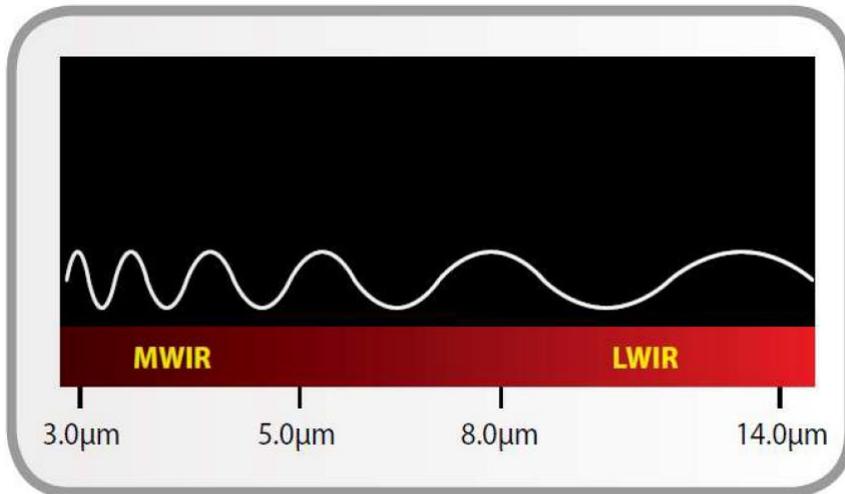


Abb. 4.1 Wellenlänge [1]

Die Thermografie ist die einzige Diagnosetechnologie, welche die Visualisierung und Überprüfung der thermischen erlaubt. Die heutzutage verwendete IR-Kameras erlauben die Identifizierung von Problemen thermischer Natur, deren Quantifizierung durch eine berührungslose und sehr genaue Messung, sowie auch die automatische Darstellung der Ergebnisse in Form von professionellen Berichten.

Fast jedes Gerät, welches Energie verwendet oder überträgt, überhitzt bevor es beschädigt wird. Als Ergebnis ist die Infrarot-Thermografie die wirksamste Technologie aufgrund der Schnelligkeit, Genauigkeit und Zuverlässigkeit, mit der möglicher Fehler oder Probleme identifiziert werden können.

4.3. Vorstellung des Geräts

4.3.1. Arbeitsprinzip

Jeder einzelne Körper aus der Umwelt, welches sich bei einer Temperatur von über 0°K (-273°C) befindet, strahlt Wärme in Form von Infrarotstrahlung

(IR) aus. Infrarot-Wärmebildkameras messen diese Strahlung mit speziellen Sensoren, konvertieren die Strahlung und zeigen diese als Wärmebild an.

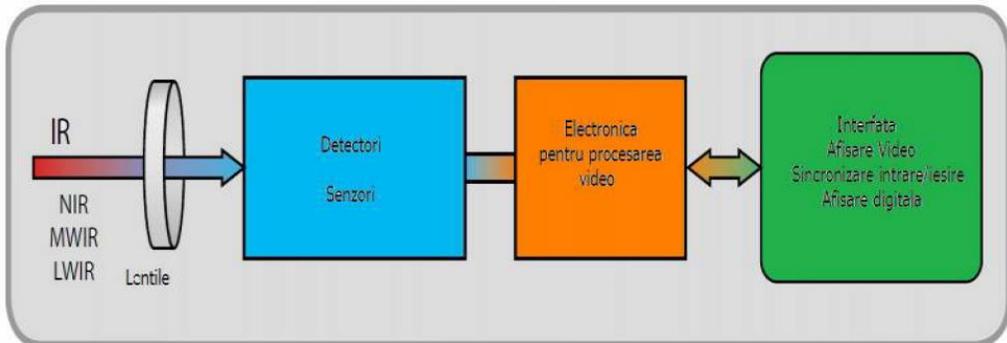


Abb. 4.2 Vereinfachtes Diagramm einer IR-Kamera

4.3.2. Thermokamera Flir Thermacam E45

Die Thermokamera Flir Thermacam E 45 und die technische Daten werden in Abb. 4.3 und in Tabelle 4.1 dargestellt.



Abb. 4.3 Thermokamera Flir Thermacam E45

Tabelle 4.1

Technische Daten	Bild
Das Sichtfeld / Fern Naheinstellgrenze:	Austaschbar 19° x 14°/0.3m, 9° x 7°/1.2m oder 34° x 25°/0.1m
Thermische Empfindlichkeit:	<0.1°C bei 25°C
Detektortyp	(FPA) 160 x 120 pixeli
Spektrum	7.5 zu 13 µm
	Meßungen
Temperaturbereich	-4 bis zu +482F (-20 bis zu+250°C) (standard)
Genauigkeit	+/-2°C oder +/-2% der absolute Temperaturen in °C
Meßmethoden	1 bewegliches Punkt, max Zone, min Zone, mittleren Zone, Differenztemperaturen, Alarmfarbe
Meßkorrekturen	Reflexion der Umwelt. Automatisch, basierend auf Daten vom Benutzer eingegeben
	Laser LocatIR
Klassifizierung	Zweite Klasse
Typ	Halbleiter AlGaInP Diode Laser: 1 mW/635 nm (rot)

4.4. Fortschritt der Arbeit

Am Anfang werden die Einstellungen der Wärmebildkamera angepasst. Als erstes wird aus dem Menü die automatische Einstellung *automatische Anpassung* eingestellt, so dass die Helligkeit und der Kontrast automatisch vorgenommen werden; anschließend wird die Emission „e“, bei 0,90 eingestellt und die Farbpalette Stahl für die Erhaltung eines klareren Bildes ausgewählt.

Ebenfalls aus dem Menü der Kamera stellt man das Temperatur-Domain ein, dieses wird bei 0-250°C eingestellt. Man geht weiter zur effektiven

Messung der Schneidtemperatur. Nach dem Anpassen der Einstellungen wird die Thermokamera für das Übernehmen der Temperaturen auf das zu untersuchende Objekt gerichtet, man fokussiert indem man das Objektiv nach links oder nach rechts dreht, um ein möglichst klares Bild zu bekommen. Das Speichern der Temperaturen erfolgt durch langes Drücken der Taste SAVE, in den nächsten zwei Sekunden wird die Kamera das Thermogramm speichern.

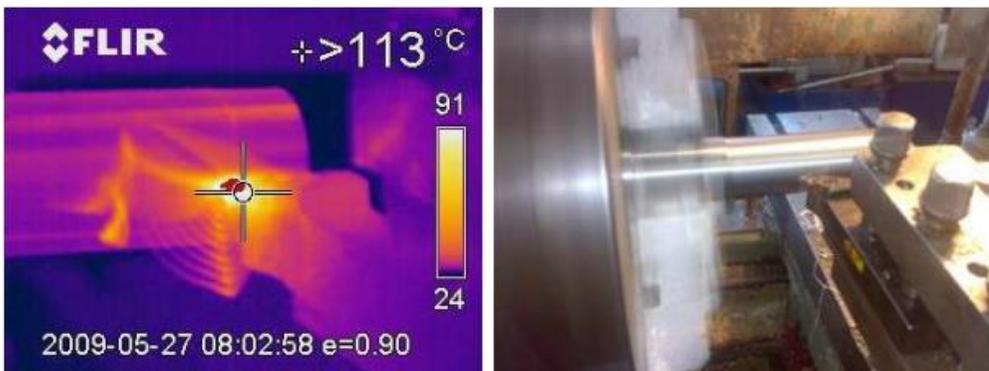


Abb. 4.4 Thermographie Beispiel

Die Messungen werden beim Schneiden auf einer normalen Drehmaschine SN 450 durchgeführt, beim Drehen eines Werkstückes aus S235, den Vorschub, die Drehzahl und die Schneidtiefe variierend. Zum Beispiel wird für einen Vorschub von 0,1 mm/u, eine Drehzahl von 380 u/min und eine Tiefe von 1 mm bzw. 1,5mm, ein Thermogramm für jeden dieser Fälle gespeichert. Gleich werden die Temperaturen im Kontaktpunkt zwischen Werkzeug und Werkstück für jeden Wert der Drehzahl, des Vorschubs und der Schneidtiefe aus Tabelle 2 gemessen.

4.5. Bearbeitung der Ergebnisse

Die Ergebnisse werden in die folgende Tabelle eingetragen.

1. Für die erste Serie von Messungen, bei einer Drehzahl von 380 u/min und einer Schneidtiefe von 1 mm, den Vorschub von 0,1 zu 0,71 mm/u variierend, wird die maximale Temperatur im Kontaktpunkt Werkzeug-Werkstück bestimmt; ähnlich geht man bei jeder Messserie vor, die in Tabelle 1 vorgestellt werden.

Tabelle 4.2

Serie	Nr.	Vorschub [mm/u]	Umdrehungen [U/min]	Schnitttiefe [mm]	Therperatur [°C]
I	1	0,1	380	1,5	
	2	0,2	380	1,5	
	3	0,4	380	1,5	
II	4	0,1	600	1	
	5	0,2	600	1	
	6	0,4	600	1	
III	7	0,1	380	1	
	8	0,2	380	1	
	9	0,4	380	1	
IV	10	0,1	600	1,5	
	11	0,2	600	1,5	
	12	0,4	600	1,5	

2. Für jede Serie von Messungen wird eine Diagramm mit den variierenden Temperaturen in Bezug zur Vergrößerung des Vorschubs und der Schneidtiefe gezeichnet.

4.6. Schlussfolgerungen

Die Methode der Überprüfung durch Thermographie mit Infrarot erlaubt eine einfache Visualisierung der Temperaturen des Schneidprozesses. Der Schneidprozess kann mit Hilfe von Thermographie Kameras überwacht werden und dabei kann die Variierung der Schneidtemperaturen beobachtet werden. Die Änderungen des thermischen Regimes haben im technologischen

System Einfluß auf die Bearbeitungspräzision durch die erzeugte Verformung, durch die Änderung der relativen Position der Elemente des technologisches Systems.

5. Bestimmen der dynamischen Steifigkeit der Baugruppen einer Drehmaschine und ihren Einfluss auf die Präzision der Bearbeitung

5.1. Ziel der Arbeit

In den Bearbeitungsprozess auf Werkzeugmaschinen, sind die Forderungen die in System erscheinen selten statisch, in den meisten Fällen sind sie dynamisch, somit werden die Kräfte die auf den technologischen elastischen System wirken, variabel. Deswegen muss man die dynamische Steifheit der Werkzeugmaschine bestimmen, weil diese die Präzision/Genauigkeit der Bearbeitung beeinflusst.

In dieser Arbeit folgt die Bestimmung der dynamischen Steifheit der wichtigsten Baugruppen einer Drehmaschine: Spindelstock, Reitstock, Meißelhalter und die Analyse des Einflusses auf die Präzision der Bearbeitung.

5.2. Theoretische Betrachtungen

Die Bestimmung der dynamischen Steifheit kann man durch die Bearbeitung einer Oberfläche mit einem variablen und bekannten Bearbeitungszusatz machen. Im Rahmen dieser Arbeit wird eine Welle von einer sehr großen Steifheit, welches drei exzentrische Ringe hat, benutzt.(Abb. 5.1)

Bei der Bearbeitung dieses Rohteils mit exzentrischem Profil, variiert die Schnitttiefe für eine halbe Umdrehung von t_{\min} zu t_{\max} , was zur Änderung der Schnittkraft und zur elastischen Verschiebung des technologischen Systems führt.

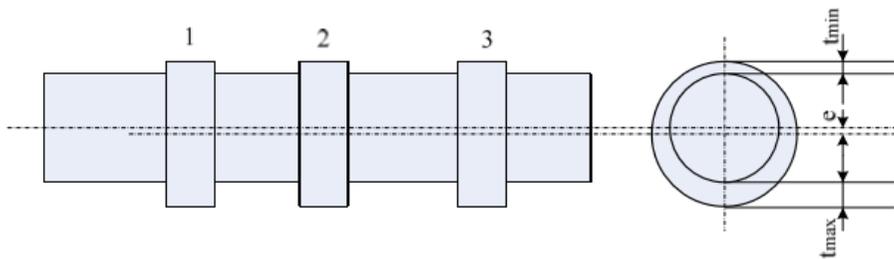


Abb. 5.1 Rohteil mit exzentrische Ringe

Der Abgabegrad des Systems bei der Bearbeitung eines Werkstücks auf der Drehmaschine ist abhängig von der Steifigkeit der Maschine, des Werkzeuges und des Werkstücks, das bearbeitet werden muss, also:

$$\frac{1}{R_{Syst}} = \frac{1}{R_{Wkz}} + \frac{1}{R_M} + \frac{1}{R_{Wst}} \left[\frac{\mu m}{daN} \right] \quad (5.1)$$

Weil die Größe der Steifigkeit des Meißels in radiale Richtung sehr groß im Vergleich zur Steifigkeit der Drehmaschine bei der Bearbeitung des Werkstücks ist, kann berücksichtigt werden dass $1/R_{Wkz} \approx 0$. Wenn für die experimentelle Prüfung ein Rohteil benutzt wird, dessen Steifigkeit die Steifigkeit der Drehmaschine überschreitet, dann kann berücksichtigt werden dass $1/R_{Wst} \approx 0$.

$$\frac{1}{R_{Syst}} = \frac{1}{R_M} \quad (5.2)$$

Beziehung/Verhältnis (1) wird also :

Der Formfehler des Rohlings welches die Variation des Bearbeitungszusates erzeugt ist:

$$\Delta_{Wst} = t_{max} - t_{min} \quad (5.3)$$

Daurch haben wir:

$$\begin{cases} \Delta_{1Wst} = t_{1max} - t_{1min} [\mu m] \\ \Delta_{2Wst} = t_{2max} - t_{2min} [\mu m] \\ \Delta_{3Wst} = t_{3max} - t_{3min} [\mu m] \end{cases} \quad (5.4)$$

Die Formfehler des Werkstücks bei den drei Ringe werden:

$$\begin{cases} \Delta_{Baut1} = y_{1max} - y_{1min} [\mu m] \\ \Delta_{Baut2} = y_{2max} - y_{2min} [\mu m] \\ \Delta_{Baut3} = y_{3max} - y_{3min} [\mu m] \end{cases}$$

Die Koeffizienten der Fehlerübertragung oder die Koeffizienten des Einflusses der Präzision in den drei Positionen werden:

$$\begin{aligned} \varepsilon_1 &= \frac{\Delta_{1Wst}}{\Delta_{Baut1}} = \frac{t_{1max} - t_{1min}}{y_{1max} - y_{1min}} \\ \varepsilon_2 &= \frac{\Delta_{2Wst}}{\Delta_{Baut2}} = \frac{t_{2max} - t_{2min}}{y_{2max} - y_{2min}} \\ \varepsilon_3 &= \frac{\Delta_{3Wst}}{\Delta_{Baut3}} = \frac{t_{3max} - t_{3min}}{y_{3max} - y_{3min}} \end{aligned} \quad (5.6)$$

Die radiale Komponente F_y der Schnittkraft kann so ausgedrückt werden:

$$F_y = \lambda \cdot F_z = \lambda \cdot C_{F_z} \cdot t^{X_{F_z}} \cdot f^{Y_{F_z}} [daN] \quad (5.7)$$

Die dynamische Steifigkeit des technologischen Systems $R_{Syst} = \Delta_{F_y} / \Delta_y$, im Fall der Bearbeitung der drei Ringe der Welle wird:

$$R_{Syst} = \frac{\Delta_{F_y}}{\Delta_y} = \frac{\lambda \cdot C_{F_z} \cdot (t_{max} - t_{min}) \cdot f^{Y_{F_z}}}{y_{max} - y_{min}} \quad (5.8)$$

Oder für Ring 1, wird:

$$R_{Syst1} = \lambda \cdot C_{Fz} \cdot f^{Y_{Fz}} \cdot \varepsilon_1 \quad (5.9)$$

Ähnlich, für Ring 2 und 3, wird die dynamische Steifheit

$$R_{Syst2} = \lambda \cdot C_{Fz} \cdot f^{Y_{Fz}} \cdot \varepsilon_2 \quad (5.10)$$

$$R_{Syst3} = \lambda \cdot C_{Fz} \cdot f^{Y_{Fz}} \cdot \varepsilon_3$$

Ausgehend von dem Verhältnis der Verformungen des technologischen Systems ermittelt in statische Bedingungen (Gl. (5.12)):

$$y_{Syst_x} = \left(\frac{l-l_x}{l}\right)^2 \cdot W_{Ss} \cdot F_r + \left(\frac{l_x}{l}\right)^2 \cdot W_{Rs} \cdot F_r + W_{Mh} \cdot F_r \quad (5.11)$$

Und für dynamische Bedingungen der Forderung, wird sie zu:

$$\frac{y_{Syst_x}}{\Delta F_y} = \left[\frac{1}{R_{Ss}} \left(\frac{l-l_x}{l}\right)^2 + \frac{1}{R_{Rs}} \left(\frac{l_x}{l}\right)^2 + \frac{1}{R_{Mh}} \right] = \frac{1}{R_{Syst}} \quad (5.12)$$

Ersetzt man x (in Verhältnis 13) mit den Werten 0, 1/2, und 1 entsprechend der drei exzentrischen

Ringe, erhalten wir:

$$x = 0, \quad \frac{1}{R_{Ss}} + \frac{1}{R_{Mh}} = \frac{1}{\lambda \cdot C_{Fz} \cdot f^{Y_{Fz}} \cdot \varepsilon_1}$$

$$x = \frac{l}{2}, \quad \frac{1}{4} \left(\frac{1}{R_{Ss}} + \frac{1}{R_{Rs}} \right) + \frac{1}{R_{Mh}} = \frac{1}{\lambda \cdot C_{Fz} \cdot f^{Y_{Fz}} \cdot \varepsilon_2} \quad (5.13)$$

$$x = l, \quad \frac{1}{R_{RS}} + \frac{1}{R_{Mh}} = \frac{1}{\lambda \cdot C_{Fz} \cdot f^{Y_{Fz}} \cdot \varepsilon_3}$$

Es entsteht ein System mit 3 Gleichungen mit 3 Unbekannte $1/R_{Ss}$, $1/R_{Rs}$, und $1/R_{Mh}$.

$$X = \frac{1}{R_{Ss}}$$

$$Y = \frac{1}{R_{Rs}}$$

$$Z = \frac{1}{R_{Mh}}$$

Man notiert ergibt:

$$\begin{cases} X + Z = \frac{k}{\varepsilon_1} \\ \frac{1}{4}(X + Y) + Z = \frac{k}{\varepsilon_3} \\ Y + Z = \frac{k}{\varepsilon_3} \end{cases} \quad (5.15)$$

Löst man das Gleichungssystem, erhält man:

$$\begin{cases} X = \frac{k}{2} \left(\frac{3}{\varepsilon_1} - \frac{4}{\varepsilon_2} + \frac{1}{\varepsilon_3} \right) \\ Y = \frac{k}{2} \left(\frac{3}{\varepsilon_3} - \frac{4}{\varepsilon_2} + \frac{1}{\varepsilon_1} \right) \\ Y = \frac{k}{2} \left(\frac{4}{\varepsilon_2} - \frac{1}{\varepsilon_1} - \frac{1}{\varepsilon_3} \right) \end{cases} \quad (5.16)$$

Die Steifheit der drei Baugruppen werden:

$$\left\{ \begin{array}{l} R_{Ss} = \frac{1}{X} = \frac{2 \cdot \lambda \cdot C_{Fz} \cdot f^{Y_{Fz}}}{\frac{3}{\varepsilon_1} - \frac{4}{\varepsilon_2} + \frac{1}{\varepsilon_3}} \\ R_{RS} = \frac{1}{Y} = \frac{2 \cdot \lambda \cdot C_{Fz} \cdot f^{Y_{Fz}}}{\frac{3}{\varepsilon_3} - \frac{4}{\varepsilon_2} + \frac{1}{\varepsilon_1}} \\ R_{Mh} = \frac{1}{Z} = \frac{2 \cdot \lambda \cdot C_{Fz} \cdot f^{Y_{Fz}}}{\frac{4}{\varepsilon_2} - \frac{1}{\varepsilon_1} - \frac{1}{\varepsilon_3}} \end{array} \right. \quad (5.17)$$

Die Bestimmung der dynamischen Steifheit der Drehmaschine mit der Methode der Bearbeitung der exzentrischen Rohteils führt praktisch zur Messung der Formfehler des Rohteils vor und nach der Bearbeitung. Die Koeffizienten λ , C_{Fz} , y_{Fz} , werden aus den Vorschriften der Schnittparameter, abhängig von der Qualität des verarbeiteten Materials, der Gemoterie des Werkzeuges und des Werkzeugmaterials ausgewählt.

Mit der Absicht den Einfluss der Zentrifugalkraft zu reduzieren wird empfohlen dass die Bearbeitung mit Geschwindigkeiten bis 100m/min ausgeführt werden.

Da die dynamische Steifheit einiger realen Arbeitsbedingungen der Drehmaschine entspricht, kann diese dem Technologen dienen, um den Einfluss auf die Präzision der Bearbeitung in festgelegten Arbeitsbednigungen zu berechnen.

Die Variation des Durchmessers des bearbeiteten Werkstücks Δd , abhängig von der elastischen Verformung des elastischen technologischen Systems

MDSP(Maschine, Vorrichtung, Werkzeug, Werkstück) wird für die folgenden Fällen mit den Verhältnissen bestimmt: (also b):, folgt:c))

a)

$$\begin{aligned}
 &W_{Rs} > W_{Ss} \\
 \Delta d &= 2(y_{Rs} - y_{Syst_min}) = 2 \cdot F_y \left[W_{Rs} - \frac{W_{Ss} \cdot W_{Rs}}{W_{Ss} + W_{Rs}} - W_{Mh} \right] \\
 \Delta d &= 2 \cdot F_y \left[\frac{W_{Rs}^2}{W_{Ss} + W_{Rs}} - W_{Mh} \right] \quad (5.18)
 \end{aligned}$$

b)

$$\begin{aligned}
 &W_{Rs} < W_{Ss} \\
 \Delta d &= 2 \cdot F_y \left[\frac{W_{Ss}^2}{W_{Ss} + W_{Rs}} - W_{Mh} \right] \quad (5.19)
 \end{aligned}$$

c)

$$\begin{aligned}
 &W_{Rs} = W_{Ss} \\
 \Delta d &= 2 \cdot F_y (W_{Ss} - W_{Mh}) - 2 \cdot F_y (W_{Rs} - W_{Mh}) \quad (5.20)
 \end{aligned}$$

5.3. Ablauf der Arbeit

1. Man stellt den Dorn mit den drei exzentrischen Ringe, zwischen den Spitzen auf der Drehmaschine und die Übertragung der Bewegung von der Hauptspindel wird mit dem Antreibsherz gemacht.
2. Man stellt in dem Meißelhalter ein Kadrankomparator. Die Spitze des Fühlers muss im horizontalen Plan auf die Zentrumachse der Drehmaschine sein. Dreht man den Dorn bei Hand in der Richtung der Umdrehung der Hauptspindel, wird der Schlag des Rohteils für die drei Ringe, bzw. $\Delta w_{st} = t_{max} - t_{min}$ gemessen.

3. Man entfernt den Kadrankomparator und man fixiert in den Halter den Drehmeißel.
4. Man bearbeitet die drei Ringe nacheinander, durch die Entfernung ihrer exzentrischen Zusatzen durch einen einzigen Gang. Man nimmt die minimale Schnitttiefe von der Seite der minimalen Exzentrizität des Ringes $t_{\min}=0.1-0.2$ mm, Vorschub $f=0.2$ mm/U und die Geschwindigkeit $v=60$ m/min.
5. Man entfernt den Drehmeißel und man befestigt in den Meißelhalter den Zifferblatt Komparator.
6. Mit Hilfe des Kardankomparators werden die Formfehler des Bauteils für die drei Ringe gemessen, $\Delta y=y_{\max}-y_{\min}$.

1. Bearbeitung der Ergebnisse

1. Die Ergebnisse der Messungen aus dem Abschnitt 3, Punkt 2 und 6 werden in der Tabelle 1 eingetragen.
2. Mit Hilfe der (5.18) werden die dynamischen Steifigkeiten der drei Hauptbaugruppen der Drehmaschine R_{Ss} , R_{Rs} , und R_{Mh} berechnet.
3. Man ermittelt die Formfehler des Durchmessers wegen den elastischen Verschiebungen des technologischen Systems im Falle des Drehens eines Teils aus S235 zwischen den Spitzen, mit $d=50$ mm und $l=100$ mm auf einer Drehmaschine SN400, wenn man die Gl. (5.18), (5.19) und (5.20) benutzt. Die zulässige Werte der Steifigkeit laut STAS 6869-87 sind: $R_{Ss}=2750$ daN/mm, $R_{Rs}=2150$ daN/mm, und $R_{Mh}=2660$ daN/mm. die Elemente der Schnittparameter sind: $v=100$ m/min, $t=1$ mm und $f=0.12$ mm/U. Für die Koeffizienten λ , C_{Fz} , y_{Fz} werden folgende Werte berücksichtigt: $\lambda=0.4$ $C_{Fz}=200$, bzw. $y_{Fz}=0.75$.

Tabelle 5.1

Parameter	Bearbeiteter Ring		
	1	2	3
Δ_{Wst} [mm]			
Δ_{Baut} [mm]			
$E = \Delta_{sf} / \Delta_p$			

2. Schlussfolgerung, Bemerkungen

1. Man vergleicht die erhaltenen Werte der Steifigkeiten mit den zulässigen Werte aus dem STAS 6869-87, erhalten bei der statischen Forderung und man berechnet den Verhältnis $\mu = R_{st} / R_d$.
2. Die Messung der dynamischen Steifigkeit ermöglicht die Auswahl und Überprüfung der Schnittparameter, um die technischen verschriebenen Bedingungen für das Werkstück auszuführen, mit Rücksicht auf die elastischen Verformungen, welche bei der Bearbeitung erschienen und von der gewünschten Präzision der Bearbeitung.

6. Änderung der technologischen Referenzbasis

6.1. Ziel der Arbeit

Der Zweck des Papiers ist es, den Übergang von einer funktionalen Bewertung zu einer technologischen zu analysieren. Nach der Auswahl des Maschinennullpunkts werden die Schließelemente der Dimensionsketten, notwendig für die Bearbeitung der Fallstudie, berechnet. Nach dem Berechnungsschritt beginnen wir mit der Bearbeitung dieser Teile auf der Werkzeugmaschine. Schließlich wird eine Reihe von Bewertungen hinsichtlich der durch Berechnung erzielten Genauigkeit bzw. der durch die Verarbeitung dieser als Fallstudie betrachteten Benchmarks erhaltenen Genauigkeit vorgenommen.

6.2. Theoretische Überlegungen

Eine Folge von Dimensionen in einer geschlossenen Kontur bestimmt eine Kette von Dimensionen.

In einer Dimensionskette mit "n" Elementen gibt es zwei Arten von Elementen:

- n-1 - Komponentenelemente
- 1 - resultierendes Element oder schließendes Element.

Je nach Verwendungszweck würden die Dimensionsketten in folgende Kategorien eingeteilt:

- konstruktiver Dimensionsketten (in der Entwurfsphase)
- technologischer Dimensionsketten (in der Verarbeitungsphase)

- funktionaler Dimensionsketten (während des technologischen Montageprozesses).

In einer Dimensionskette ist das resultierende Element:

$$N_R = \sum_{i=1}^{n-1} N_i = \sum_{i=1}^k N_{M_i} - \sum_{i=1}^{n-1} N_{m_i} \quad (6.1)$$

wo:

N_i - die Bestandteile

N_r - das resultierende Element

N_{M_i} - Elemente, die die Größe von NR erhöhen

N_{m_i} - Elemente, die die Größe von NR reduzieren

Die Toleranz des resultierenden Elements beträgt:

$$T_R = \sum_{i=1}^{n-1} T_{N_i} \quad (6.2)$$

wo:

T_{N_i} - Toleranz der Komponentenelemente

T_R - Toleranz des resultierenden Elements

Je höher die Anzahl der Elemente einer Dimensionskette ist, desto mehr geringer muss die Toleranz von der T_{N_i} -Komponenten sein, um die Toleranz die durch technologische oder Funktionsbedingungen des resultierenden Elements auferlegt wird, zu bestimmen. Bei der Entwicklung der technologischer Dimensionsketten werden wir berücksichtigen, dass die Anzahl der Komponenten, die zur Realisierung einer Größenkette beitragen,

so gering wie möglich sein sollte, um so wenige Toleranzen die sich summieren zu haben.

Zum Lösen von Dimensionsketten können drei Methoden verwendet werden:

- algebraische Methode - direkt oder indirekt (am häufigsten im Bereich der TCM verwendet)
- die probabilistische Methode
- maximale und minimale Methode

Das direkte algebraische Lösungsverfahren wird verwendet, wenn die Toleranz und die Position des Toleranzfeldes der Komponentenelemente der Dimensionsketten bekannt sind und man versucht, die Toleranz und die Position des Toleranzfeldes des resultierenden Elements zu bestimmen.

$$\begin{aligned}
 N_{Rai}^{as} &= N_{1aiN1}^{asN1} + N_{2aiN2}^{asN2} + N_{3aiN3}^{asN3} - N_{4aiN4}^{asN4} \\
 &= (N_1 + N_2 + N_3 - N_4)_{aiN1+aiN2+aiN3-aiN4}^{asN1+asN2+asN3-asN4}
 \end{aligned}
 \tag{6.3}$$

Die indirekte algebraische Lösungsmethode wird verwendet, wenn die Toleranz und die Position des Toleranzfeldes des resultierenden Elements bekannt sind und wenn die Toleranz und die Position des Toleranzfeldes der Dimensionskettenelemente bestimmt werden müssen.

6.3. Die Ausführung der Arbeit

Innerhalb des Papiers wird die Verarbeitung des in Abbildung 1 dargestellten Stücks als Fallstudie betrachtet.

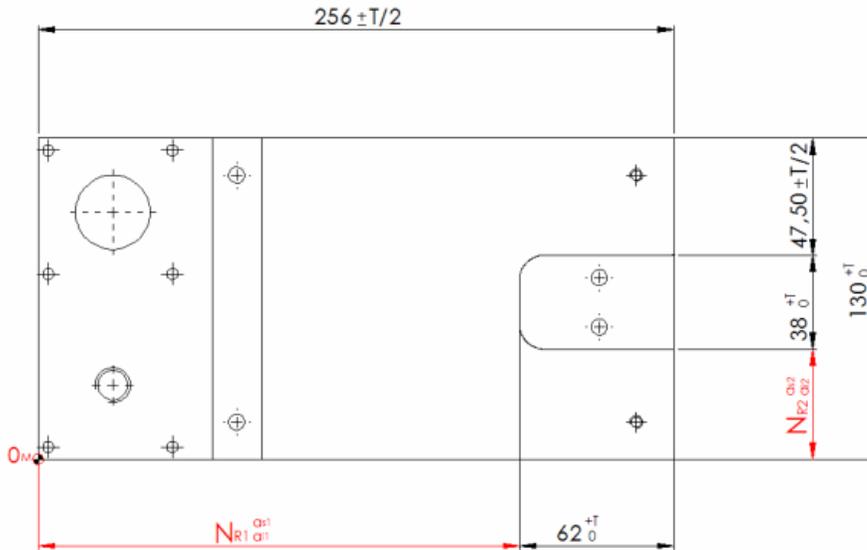


Abb. 6.2 Zeichnung des Werkstücks (technologische Bewertung)

6.4. Verarbeitung der Ergebnisse

1. Sowohl die durch Berechnung erhaltenen als auch die nach der Verarbeitung auf der Fräsmaschine kontrollierten Abmessungen sind in Tabelle 1 entsprechend anzugeben.

4. Tabelle 6.1

Nr.	Berechnete Größe N_R	Kontrollierte Größe N_R	Maßabweichung

2. Die entsprechenden Maßabweichungen werden berechnet und ihr Einfluss auf die Bearbeitungsgenauigkeit analysiert.

6.5. Schlussfolgerungen und Beobachtungen

1. Es werden Bewertungen hinsichtlich der Genauigkeit, die sich aus der experimentell Verarbeitung ergibt und die daraus resultierende Berechnung, vorgenommen.

2. Mögliche technologische oder konstruktive Maßnahmen, die zur Verbesserung der Fertigungsgenauigkeit der verarbeiteten Teile ergriffen werden können, werden analysiert.

7. Statistische Analyse der Genauigkeitsstabilität der Werkzeugpositionierung gegen das Werkstück

7.1. Zweck der Arbeit

Bei der Bearbeitung mit universellen Werkzeugmaschinen (Drehmaschinen, Fräsmaschinen usw.) erfolgt die Positionierung des Schneidwerkzeugs zur Bearbeitung jedes Teils in der Charge gemäß den Unterteilungen der Messtrommel der Quer- bzw. Längsschlittenschraube. Das Ziel dieser Arbeit ist die Bestimmung durch statistische Verfahren der Größenanpassung und der Position des Gruppierungszentrums der angepassten Größe. Infolge der Zusammenfassung objektiver und subjektiver Faktoren geht diese Anpassungsaktion mit einem bestimmten Fehler einher, und folglich geht die nominale Anpassungsdimension mit einer bestimmten Dispersion einher.

Zu den objektiven Faktoren, die die Fertigungspräzision beeinflussen, gehören: die Größe der Reibungskraft zwischen den Führungen, die Steifigkeit, der Verschleiß der Führungsschraube, die Größe der Teilung der Skala des Teilungskreises und die Ungenauigkeit der Führungsschraube sowie die subjektiven Faktoren, die den Fehler bei der Einstellung der Werkzeuggröße beeinflussen. Die wichtigsten sind: die Aufmerksamkeit des Arbeiters, die Beleuchtung des Arbeitsplatzes, die Müdigkeit des Arbeiters usw.

7.2. Theoretische Überlegungen

Die statistische Analyse hat im Vergleich zu anderen Methoden viele Vorteile. Die wichtigsten sind:

- die Richtigkeit der Angaben aufgrund der Tatsache, dass die Methode wissenschaftlich belegt ist;
- die Möglichkeit einer suggestiven, zugänglichen Darstellung der Messergebnisse;

- die Funktionsfähigkeit der Methode in dem Sinne, dass ihre Anwendung, Aufzeichnung und Interpretation der Ergebnisse weniger Zeit erfordert als bei anderen Methoden.

Die Wahrscheinlichkeitstheorie zeigt, dass sich das Streugesetz einem der Normalverteilungsgesetze nähert, wenn nur konstante Faktoren gleicher Größenordnung auf die Streuung einer Zufallsgröße einwirken. Bei der mechanischen Bearbeitung nähert sich die praktische Dispersionskurve an die Gauss-Laplace-Kurve.

Um die Daten zu erhalten, die für die statistische Analyse der Streuung der statischen Einstellabmessung des Querschlittens einer Universaldrehmaschine erforderlich sind, muss das Werkzeug nach der Teilung der Trommel wiederholt in Bezug auf das Halbzeug in derselben Position eingestellt werden, um die effektive Position der Längs- (Quer-) Stütze zu messen. Aus den aufgezeichneten Daten x_i werden ein Maximalwert x_{max} und ein Minimalwert x_{min} der verfolgten Dimension erhalten.

Das Streufeld, das durch den jeweils aufgezeichneten Maximal- und Minimalwert $\omega = x_{max} - x_{min}$ bestimmt wird, ist in Teilintervalle unterteilt. Die Anzahl der Teilintervalle k wird durch STAS 7122 / 2-86 geregelt. Die Anzahl der Vorkommen jeder Größe x_i wird in jedem betrachteten Teilintervall aufgezeichnet, was die absolute Häufigkeit n_i der Verteilung der Zufallsmenge x_i im Intervall i darstellt. Die Gesamtzahl der Datensätze beträgt:

$$n = \sum_{i=1}^k n_i \quad (7.1)$$

Die relative Häufigkeit des Auftretens zufälliger Größen wird mit der Beziehung berechnet:

$$f_i = \frac{n_i}{n} \quad (7.2)$$

Der Durchschnittswert der Zufallsmenge x_i wird mit folgendem Ausdruck berechnet:

$$\bar{x} = \sum_{i=1}^k x_i \cdot f_i \quad \text{sau} \quad \bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^k x_i \cdot n_i \quad (7.3)$$

Dieser Mittelwert bestimmt die Position des Streuzentrums der Werte der analysierten Zufallsgröße x_i . Der Wert der Streuung zufälliger Größen in Bezug auf das Gruppierungszentrum ist durch die mittlere quadratische Abweichung σ gekennzeichnet, die mit der Beziehung berechnet wird:

$$\sigma = \sum_{i=1}^k (x_i - \bar{x})^2 \cdot f_i \quad (7.4)$$

Mit diesen Größen kann man das Streudiagramm zeichnen, das die relative Häufigkeit des Auftretens der Größe x_i in den k Intervallen zeigt.

Das Verteilungspolygon wird erhalten, indem die gleichen Größen in Form von Segmenten dargestellt werden, die in der Mitte jedes der betrachteten Teilintervalle positioniert sind und ihre Oberseite durch gestrichelte Linien verbinden. Wenn wir eine unendlich große Anzahl von Teilintervallen betrachten, dann verwandelt sich das Verteilungspolygon bei unendlich kleinen Größen der Teilintervalle in eine kontinuierliche Kurve, deren Form, der der theoretischen Verteilungskurven ähnlich ist und durch die folgende Gleichung beschrieben werden kann:

$$y = f(x_i) \quad (7.5)$$

wobei: x_i der Wert der Zufallsmenge ist; und $f_i(x_i)$ die Verteilung oder Wahrscheinlichkeitsdichte.

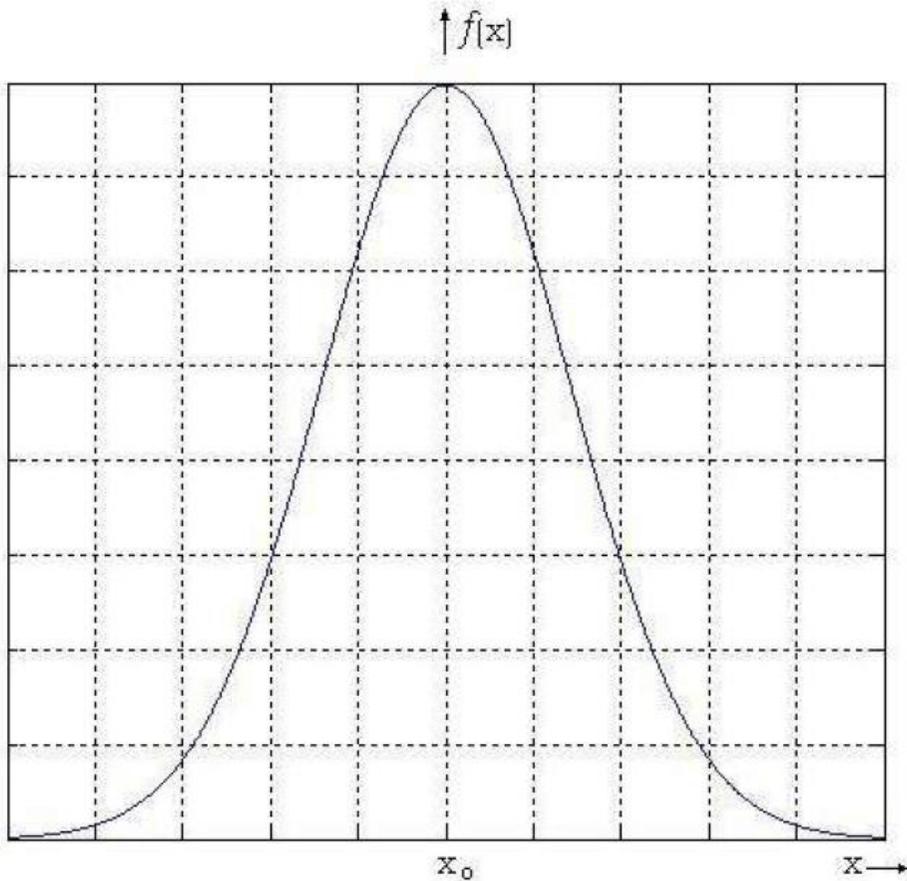


Abb. 7.1 Die theoretische Gauss-Laplace-Verteilungskurve

Die praktische Kurve wird an die theoretische Verteilungskurve von Gauss-Laplace (Abb. 1) angenähert, die in ihrer allgemeinsten Form den Ausdruck hat:

$$y = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(x_i - \bar{x})^2}{2\sigma^2}} \quad (7.6)$$

Die Kurve ist im allgemeinsten Fall eine nicht zentrische und nicht einheitliche Kurve. Durch Ändern der Variablen wird die Kurve in eine zentrische und einheitliche Kurve umgewandelt:

$$\frac{(x_i - \bar{x})}{\sigma} = z \quad (7.7)$$

Ergibt

$$y = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{z^2}{2}} = \frac{\phi(z)}{\sigma} \quad (7.8)$$

Die Funktionen der Form (7.8) heißen Gauss-Laplace normierte Funktionen, und ihr Wert für verschiedene Werte von z ist im Anhang STAS 7122 / 2-86 zu finden. Mit Hilfe der erhaltenen Daten wird die praktische Kurve der Dispersion gezeichnet.

7.3. Die Ausführung der Arbeit

7.3.1. Gerätebeschreibung

Die Werte des Maßes für die Einstellung der Werkzeuggröße in Bezug auf das Halbzeug der Drehmaschine werden mit dem Millitron-Gerät aufgezeichnet. Es verfügt über eine einfache Funktion, die die Messung von Teileabmessungen durch direktes Ablesen der Werte auf den Zifferblättern ermöglicht, aber auch über komplexere Funktionen, mit denen aktive Steuerung und Steuerung den Arbeitszyklus von Werkzeugmaschinen automatisiert werden können.

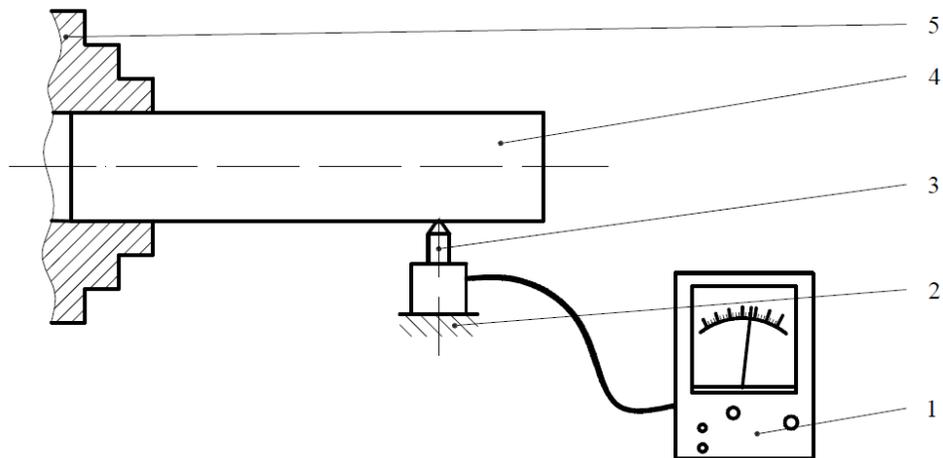


Abb. 7.2 Montage des Millitron-Geräts an der Werkzeugmaschine: 1 - Millitron-Messgerät; 2 - Werkzeugschlitten; 3 - Zifferblatt; 4 Werkstück; 5 – Futter

Während der Arbeit wird das Gerät in der ersten Variante verwendet, um den Fehler der statischen Einstellung des Querschlittens einer Drehmaschine (SNA 560) sichtbar zu machen. Der Millitron hat eine abgestufte Skala und ermöglicht Messungen bis zu 0,5 mm. Unter Werkstattbedingungen und während des gesamten Arbeitstages behält das Gerät seine Genauigkeit von $\pm 0,5 \mu\text{m}$ bei. Angesichts der Eigenschaften des Geräts wird empfohlen, die Einstellung während der gesamten Arbeit in die gleiche Richtung vorzunehmen, um den gesamten Messbereich (Bereich) nutzen zu können. Der Messkopf der Vorrichtung, der das Schneidwerkzeug materialisiert und in feinen Kontakt mit dem Werkstück kommt, ist im wesentlichen ein Wandler, der die Variation der Werkstückgröße in eine Variation des elektrischen Signals umwandelt.

7.3.2. Die Ausführung der Arbeit

1. Verwenden Sie die Baugruppe in Abbildung 2. Die abgestufte Trommel des Querträgers wird auf die festgelegte Teilung eingestellt.

7.4. Datenverarbeitung

1. Die mit der in Absatz 7.2 erhaltenen Millitron-Apparatur aufgezeichneten Werte sind in Tabelle 1 zusammengefasst.
2. Für die statistische Analyse der Stabilität der Positioniergenauigkeit des Werkzeugs in Bezug auf das Halbzeug wird folgendes berechnet: Die relative Häufigkeit f_i des Auftretens der Größen x_i , das arithmetische Mittel \bar{x} , die quadratische mittlere Abweichung σ unter Verwendung der Beziehungen (7.1)(7.2)(7.3) und (7.4). Die Ergebnisse sind in Tabelle 2 gezeigt.
3. Um die normale Streukurve zu zeichnen, vervollständigen Sie Tabelle 3 unter Berücksichtigung der Beziehungen (6) und (7) und geben Sie x_i die Werte $x_i = \dots$ an.
4. Konstruieren Sie die normale und experimentelle Streukurve in Koordinaten (x_i, f_i) .

Tabelle 7.2

Nr.	x_i	n_i	$F_i = n_i/n$	$x_i \cdot f_i$	$x_i - \bar{x}$	$(x_i - \bar{x})^2$	$(x_i - \bar{x})^2 \cdot f_i$

Die erhaltenen Ergebnisse (x_i -Werte) werden mit dem Excel-Programm verarbeitet. Mit Hilfe des Programms können Sie alle an der Arbeit beteiligten

Mengen operativ berechnen. Das Programm zeichnet auch den Graphen (Verteilungskurve).

Tabelle 3

Nr.	K=z	$\Phi(z)$	$k\sigma$	x_i $= \bar{x} \pm k\sigma$	$y=\phi(z)/\sigma$

Auf diese Weise können die Ergebnisse operativ verarbeitet und grafisch dargestellt werden, was zu Schlussfolgerungen über die Stabilität der Positionierungsgenauigkeit führt.

7.5. Schlussfolgerungen

1. Die praktische und die theoretische Dispersionskurve werden vergleichend untersucht (durch Überlappung).
2. Die Schlussfolgerungen bezüglich des Einflusses der Dispersion des Einstellmaßes einer Werkzeugmaschine auf die Bearbeitungsgenauigkeit und auf die Bestimmung des optimalen Wertes des Einstellmaßes werden formuliert.
3. Bei großen Unterschieden zwischen der praktischen und der theoretischen Dispersionskurve müssen die Störfaktoren analysiert werden (z. B.

Verunreinigungen im Mechanismus; Schrauben-Mutter, Lösen des Führungskeils, Beleuchtungsänderungen, Ermüdung der Arbeiter, kinematischer Kettenverschleiß usw.).

Hinweis/Bemerkung: Das Phänomen und die Art und Weise der Verarbeitung der Ergebnisse sind im Fall der Untersuchung der Streuung der Einstellabmessung des Querschlittens der Fräsmaschine analog.

Bibliographie

- [1] F. Domnița und ș.a., Tehnologii de fabricație. Îndrumător de lucrări de laborator, U.T. Press Cluj Napoca, 2011..
- [2] M. Ancău, Tehnologia fabricației, Cluj-Napoca: Casa Cărții de Știință, 2003.
- [3] C. Picoș, Tehnologia construcției de mașini, București: I.P. "Oltenia" Craiova, 1974, p. 560.
- [4] C. Gyenge und D. Frățilă, Ingineria fabricației, ISBN 973-8397- 77-4, 2004.
- [5] D. Julean, Aschieria experimentală. Editura UT Pres, 2003, ISBN 973-662-011-5, 2003.
- [6] C. Gyenge, O. Roș und M. S. Popa, Tehnologia construcțiilor de masini Litografia IPCN, 1989.