

Baljasnyj, I.M.

ZUR WAHL DER OPTIMALEN SCHMIEDEVARIANTE EINES WELLEN-
FÖRMIGEN SCHMIEDESTÜCKS

Übersetzung aus:

Kuznečno-šampovočnoe proizvodstvo. Moskva, 1970,
Nr 5, S. 8-13.

Russ.: К ВЫБОРУ ОПТИМАЛЬНОЙ СХЕМЫ КОВКИ ПОКОВОК ТИПА ВАЛОВ

K vyboru optimal'noj schemy kovki pokovki tipa valov

In der Gesamtzahl der in Pressen hergestellten Schmiedestücke nehmen solche mit Wellenform einen beträchtlichen Platz ein. In der Praxis werden die Schmiedestücke einzeln oder in Gruppen aus einem Gußblock hergestellt. In allen Fällen hängen die Leistungen, die Arbeitsqualität und der Werkstoffverbrauch wesentlich von der gewählten Anordnung der Schmiedestücke im Block ab. Nach der Art dieser Anordnungen im Gußblock bestimmt sich der Arbeitsstufenplan beim Schmieden und insgesamt, ob der erarbeitete technologische Vorgang optimal ist.

Der rationelle Umgang mit dem Gußblock hängt mit den Besonderheiten der Schmiedestückgestalt, der Anzahl der aus einem Block zu fertigenden Schmiedestücke und davon ab, ob mechanische Versuchsproben nötig sind; dabei hängt vom jeweiligen Arbeitsplan ab, wie groß der Arbeitsumfang für das Trennen ist, wie bequem der Block beim Vorschub und beim Manipulieren zu handhaben ist, und wie groß die endgültigen Abfälle und die technologisch bedingten Spanzugaben sind.

Ein Plan zum Schmieden von mehreren Schmiedestücken aus einem Block ist von größerem Vorteil, wenn dabei der normale Werkstoffverbrauch sinkt und die Möglichkeit geschaffen wird, Staucharbeit zu vermeiden ohne die Größe der "Absätze" zu verringern.¹⁾ Die Herstellung von

¹⁾ Um mehrere Schmiedestücke in einem Block zu vereinigen, geht man auch dazu über, Schmelzen im SM-Betrieb herzustellen.

mehreren Schmiedestücken aus einem Block ist nur unter der Bedingung zulässig, daß jedes, aus verschiedenen Blockteilen herausgeschmiedete Schmiedestück die geforderten mechanischen Eigenschaften besitzt. Nach Werksangaben beträgt das maximale Gewicht eines Gußblocks in einem solchen Fall durchschnittlich 20 000 kg, und die Anzahl der Schmiedestücke aus einem Block reicht bis maximal 4 - 5.

Die Auswertung zeigt, daß man alle Schmiedestücke zweckmäßigerweise in drei Gruppen aufteilt:

- a) erste Gruppe: Schmiedestücke mit einseitiger Durchmesserabnahme der Stufen und Schmiedestücke, bei denen die Schlußstufe den größten Durchmesser hat (Abb. 1);
- b) zweite Gruppe: Schmiedestücke mit größtem Durchmesser an der Zwischenstufe (Abb. 2);
- c) dritte Gruppe: Schmiedestücke mit konischen Absätzen (Abb. 3).

Die gegebene räumliche Lage des Schmiedestücks wird eindeutig durch den Kennwert

$$\frac{2l_{sp}}{l} > 1 \text{ oder } \frac{2l_{sp}}{l} < 1 \quad (1)$$

beschrieben, mit l_{sp} - Abstand vom Schwerpunkt des Schmiedestücks bis zur Stirn seiner Schlußstufe; l - Schmiedestück-Gesamtlänge.

Die Bestimmung der Länge l_{sp} wird z.B. für die Stirn d_1 (siehe Abb. 1, 2 und 3) nach der Formel

$$l_{sp} = \frac{V'_1 \frac{l_1}{2} + V'_2 \left(l_1 + \frac{l_2}{2} \right) + \dots + v'_n \times \left(l_1 + \dots + l_{n-1} + \frac{l_n}{2} \right)}{V'_1 + V'_2 + \dots + V'_n}$$

durchgeführt, wobei $V'_1, V'_2, V'_n, l_1, l_2, l_n$ - jeweils die Volumina (Gewichte) und die Länge der aufeinanderfolgenden Schmiedestückstufen sind.

Die Zugabe (Probe) für die mechanischen Versuche wird aus der Schlußstufe des Schmiedestücks vorgesehen, die unmittelbar an den Bereich

des überschüssigen Blockteils angrenzt.

Einfachste Aufgabenvariante ist der Fall, wenn aus einem Block ein Schmiedestück herzustellen ist. In diesem Fall kommt dem Technologiefaktor, welche Lage das Schmiedestück während seiner Herstellung hat, Hauptbedeutung zu, weshalb man, unabhängig davon, zu welcher Gruppe das Schmiedestück gehört, beim Schmieden von einem Schmiedestück aus dem Block es zweckmäßigerweise so legt, daß der Schwerpunkt des Schmiedestücks so nah wie möglich bei den Zangen des Manipulators oder dem Kopf des Spannfutters liegt. Nach Ausdruck (1) wird die Schmiedestückstirn, die zum Zapfen des Blocks gerichtet sein muß, aus der Bedingung

$$\frac{2l_{sp}}{l} < 1. \quad (1a)$$

bestimmt.

Dabei ist die Zugabe (Probe) für die mechanischen Versuche oder eine Makroanalyse an der Verlängerung der Stirn d_1^* vorzusehen, die auf den überschüssigen Blockteil gerichtet ist (siehe Abb. 1, 2 und 3).

Wenn die Anzahl der gleichartigen Schmiedestücke $t > 1$ ist, dann unterscheiden sich die möglichen Schmiedevarianten (Anordnungsmöglichkeiten) im Allgemeinfeld für die unterteilten Gruppen ganz beträchtlich. In Abb. 4 und 5 sind Varianten dargestellt, deren Anwendung unter konkreten Produktionsbedingungen zweckmäßig ist. Was die Schmiedestücke der dritten Gruppe betrifft, so werden sie mit konischen Zwischenabsätzen wie Schmiedestücke der zweiten Gruppe behandelt. Wenn die konischen Absätze jedoch an den Enden sind, so ist der Faktor, wie leicht der Kegel zu schmieden ist, das Hauptkriterium. Damit zusammenhängend wird bei einem konischen Endabsatz aufgrund der Berechnung der einander entgegengerichteten Stufen mit zylindrischer Form geschmiedet; bei zwei

* Im weiteren Verlauf bezieht sich die Bezeichnung d_1 immer auf jene Stirn, die der Ungleichung (1a) entspricht.

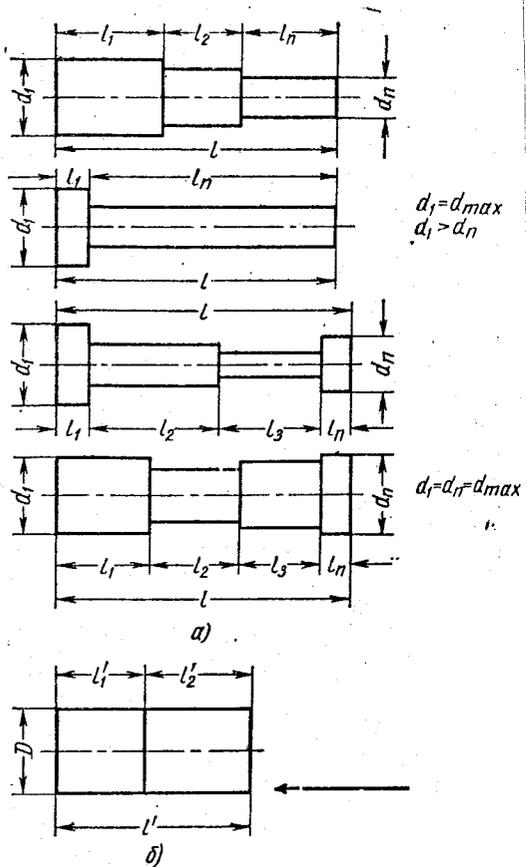


Abb. 1. Schmiedestücke der ersten Gruppe:

a - Beispiele; b - schematische Darstellung des reduzierten Rohteils

Abb. 3. Schmiedestücke der dritten Gruppe:

a - Beispiele; b - schematische Darstellung des reduzierten Rohteils

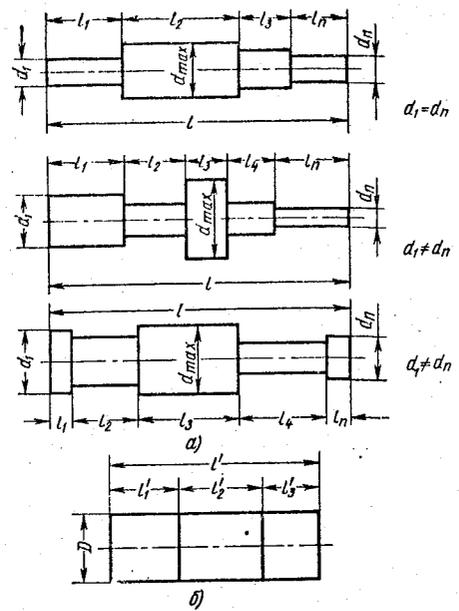
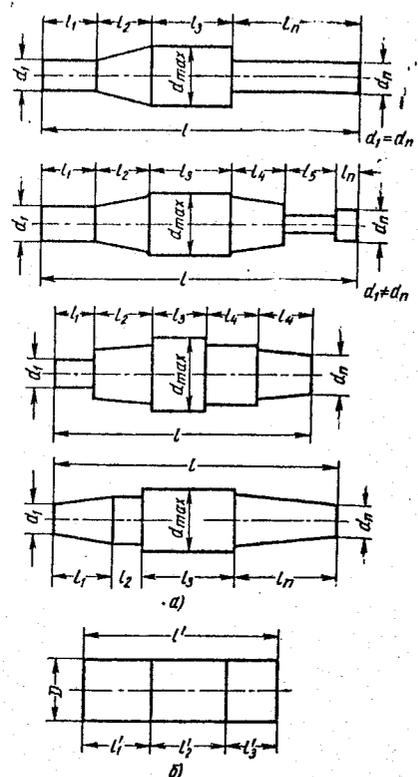


Abb. 2. Schmiedestücke der zweiten Gruppe:

a - Beispiele; b - schematische Darstellung des reduzierten Rohteils



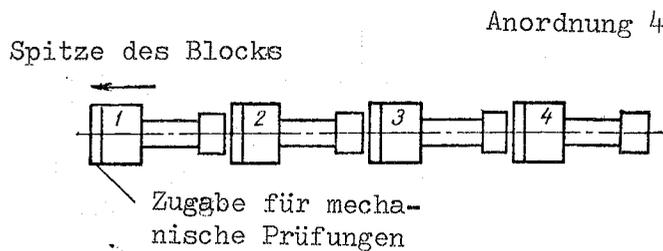
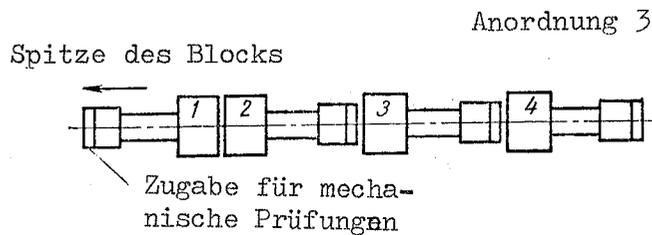
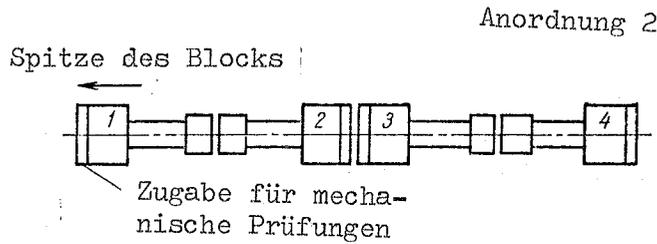
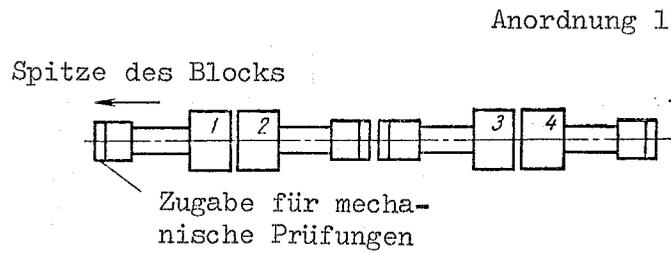


Abb. 4. Anordnungsmöglichkeiten von Schmiedestücken der ersten Gruppe

konischen Endabsätzen wird der Block zweckmäßigerweise nur im Durchmesser des größten Querschnitts geschmiedet. Danach wird vom Grundteil des Blocks gewöhnlich der zweite Zapfen für die Zangen abgetrennt, der Block in zwei Teile zerlegt, und das weitere Schmieden eines jeden Wellenrohteils wird einzeln durchgeführt.

Daß die Anwendung dieser oder jener Variante zum Schmieden von Schmiedestücken vom Standpunkt des Werkstoffverbrauchs zweckmäßig ist, kann

aufgrund der Technologiekriterien bewertet werden, die angeben, ob Nuten und Endabsätze ausgeführt werden können. Die Technologiekriterien werden bestimmt, indem man von einer Analyse der Abmessungen des "reduzierten Rohteils" ausgeht. Reduziert wird ein Rohteil genannt, das dem Volumen nach einem Schmiedestück entspricht, wobei Abbrand und technisch bedingte Zugaben berücksichtigt werden, und das einen Durchmesser besitzt, der um den Verkleinerungswert bei der Herstellung der folgenden Stufen kleineren Durchmessers größer ist als der maximale Schmiedestückdurchmesser. Das reduzierte Rohteil für die erste Gruppe hat zwei Abschnitte (siehe Abb. 1), für die zweite Gruppe drei Abschnitte (siehe Abb. 2). Die Technologiekriterien können in folgender Form dargestellt werden:

$$l'_1 - 0,5l_0 > 0, \quad l'_3 - 0,5l_0 > 0; \quad (2)$$

$$l'_1 - 0,5l_0 < 0, \quad l'_3 - 0,5l_0 < 0; \quad (3)$$

wobei

$$\frac{l'_1}{D} < 0,4; \quad \frac{l'_3}{D} < 0,4; \quad (4)$$

$$\frac{l'_1}{D} > 0,4; \quad \frac{l'_3}{D} > 0,4, \quad (5)$$

wobei l'_1, l'_3 die Länge der Abschnitte des reduzierten Rohteils ist, die dem Volumen nach den Teilen des Schmiedestücks entspricht, welche links und rechts von dessen Stufe mit dem größten Durchmesser liegen²⁾; l_0 — kleinste zulässige Länge zwischen den Kerben für das Herausarbeiten der Nut in der Presse (unter dem Hammer); D — Durchmesser des reduzierten Rohteils.

Bei der Ungleichung (3) wird ein Schmieden nur möglich, nachdem die technisch bedingte Zugabe bestimmt ist, durch welche die Länge der Nut auf das kleinste ausführbare Maß gebracht wird.

2) Bei der Bestimmung der Kennwerte des reduzierten Rohteils liegt die Stirn d_1 immer links und die Stirn d_n rechts vom Schwerpunkt des Schmiedestücks.

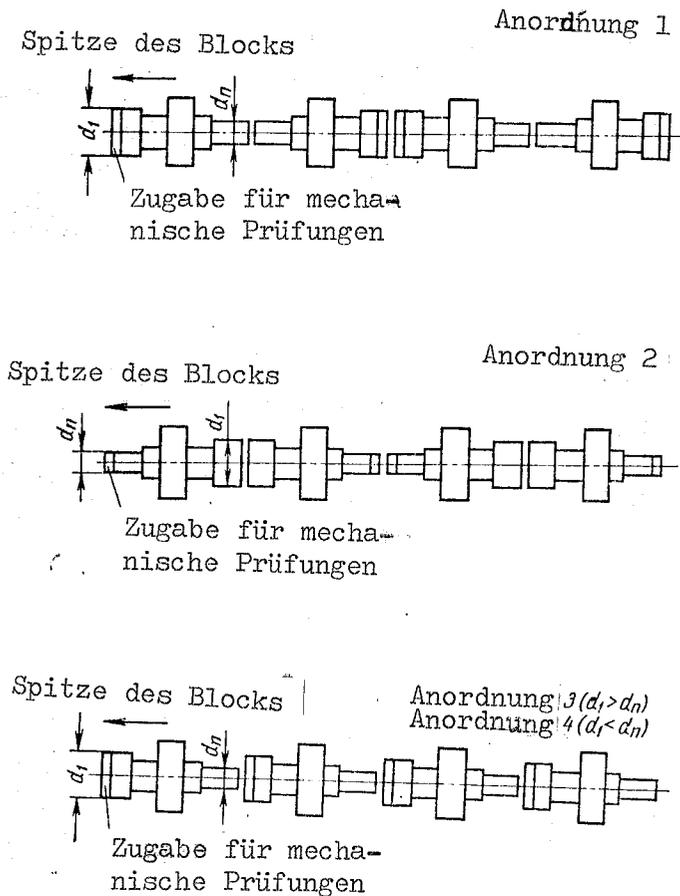


Abb. 5. Anordnungsmöglichkeiten von Schmiedestücken der zweiten Gruppe

Bei der Ungleichung (4) wird ebenfalls eine technisch notwendige Zugabe gefordert, um beim Herunterwalzen des Rohteils einen günstigen Spannungs- und Verformungszustand sicherzustellen, durch den ein fehlerfreier Endabsatz am Schmiedestück erzielt werden kann.

Nach den bekannten Auftragsbedingungen, den Abmessungen des Schmiedestücks und denen des reduzierten Rohteils kann auf der Grundlage der hier angeführten Klassifizierung der Schmiedestücke und der Standartvarianten für die Lage der Schmiedestücke ein Schema erarbeitet werden, mit dem die optimale Variante zur Herstellung mehrerer Schmiedestücke aus einem Block herausgefunden werden kann, und das den geringsten Werkstoffverbrauch garantiert.

Wie die Analyse zeigt, gelingt es in vielen Fällen, mit einer solchen Wahl auch solche Bedingungen zu erzeugen, die aus der Sicht der Produktivität beim Schmieden günstiger sind. Untersuchen wir diese Fragen an den einzelnen Schmiedestückgruppen, wobei wir zuerst annehmen, daß die technologische Ausführbarkeit aller Nuten und Endabsätze bei Vereinigung der Schmiedestücke gesichert ist.

Schmiedestücke der ersten Gruppe (siehe Abb. 1). Bei den genannten Annahmen zur Steigerung der Produktivität beim Schmieden ist den Varianten 1 und 2 (Abb. 4) der größte Vorzug zu geben. Im Unterschied zu den Varianten 3 und 4 lassen diese beiden eine paarweise oder sogar gleichzeitige (je nach den konkreten Abmessungen der Schmiedestücke) Herstellung der Schmiedestücke ohne dazwischenliegende Trenn- und Schrotarbeiten zu. Bei gleichzeitiger Herstellung aller Schmiedestücke können die Trennarbeiten nach Beendigung des Schmiedens durchgeführt werden; bei paarweiser Herstellung der Schmiedestücke gibt es weniger Trennarbeiten als bei Variante 3 und besonders Variante 4. Dadurch kann im Block eine Wärmereserve erhalten werden, die ausreichend ist, um eine zusätzliche Umformung an jeder Auskragung des Blocks durchzuführen. Aus den Angaben in Tab. 1 ist ersichtlich, daß der Unterschied im Arbeitsaufwand für das Schmieden in Abhängigkeit von der Anordnungsvariante der Schmiedestücke zunimmt je nach Zunahme der Anzahl der gemeinsam gefertigten Schmiedestücke. Wenn man $t = 5$ annimmt, dann ist die Anzahl der Trennarbeiten nach den Varianten 1 und 2 gleich 6, und 9 und 10 nach den Varianten 3 und 4.

Die Frage welcher Variante (1 oder 2) der Vorzug zu geben ist, kann folgendermaßen beantwortet werden.

Aus der Praxis weiß man, daß das Schmieden einer Nut im Vergleich zum Schmieden eines Absatzes unter sonst gleichen Bedingungen wesentlich mehr Arbeit erfordert, und die Trennarbeiten je nach Durchmessergröße des zu schrotenden Querschnitts zunehmen. Auf dieser Grundlage kann man feststellen, daß bei einer geraden Anzahl von Schmiedestücken die Lagevariante 1 dem Arbeitsaufwand nach vorzuziehen ist, und bei ungerader Anzahl beide Varianten annähernd gleichwertig sind (Tab. 1).

T a b e l l e 1

Vergleich der verschiedenen Lagevarianten
der Schmiedestücke der ersten Gruppe

Vergleichbare Bestandteile des Schmiedens	Var. 1		Var. 2		Var. 3	Var. 4
	t		t			
	gerade	unger.	gerade	unger.	t	t
Nuten	$\frac{t}{2} - 1$	$\frac{t-1}{2}$	$\frac{t}{2}$	$\frac{t-1}{2}$	—	—
Trennen	t+1	t+1	t+1	t+1	2t-1	2t
Trennen bei d_{max}	$\frac{t}{2}$	$\frac{t+1}{2}$	$\frac{t}{2} + 1$	$\frac{t+1}{2}$	$t-1$	t
Endabfälle nach d_{max}	—	1	1	—	—	1
Endabfälle nach d_{min}	1	—	—	1	t	t

Von den Schmiedevarianten 3 und 4 ist die Variante 3 vorzuziehen, da dabei sowohl die Gesamttrennzahl als auch die Trennzahl je nach dem größeren Enddurchmesser des Schmiedestücks verringert wird. Bei einer Schmiedestückanzahl von $t = 3$ unterscheidet sich Variante 3 dem Arbeitsaufwand nach praktisch nicht von den Varianten 1 und 2.

Schmiedestücke der zweiten Gruppe und die ihr angeglichenen Schmiedestücke der dritten Gruppe. Wenn mehrere Schmiedestücke der zweiten Gruppe in einem Block vereinigt werden, dann hat dies zur Folge, daß eine gleiche Anzahl von Nuten an der Stoßfläche zwischen den Schmiedestücken bei beliebiger Lageanordnung geschmiedet werden muß (siehe Abb. 5). Bei sonst gleichen Bedingungen hängt die Wahl der optimalen Varianten mit dem Verhältnis der Durchmesser der Endstufen zusammen. Bei $d_1 = a_n$ sind für ein produktives Schmieden der Variante der aufeinanderfolgenden Schmiedestücklage, d.h. den Varianten 3 und 4 den Vorzug zu geben; bei diesen wird der Meßvorgang beim Zuschneiden des Gußblocks und bei der Aufteilung der Schmiedestücke erleichtert. Die Auswertung zeigt, daß der genannte Vorzug für die Varianten 3 und 4 bei ungerader Schmiedestückanzahl und bei beliebigem Maßverhältnis dieses Rohteils mit der Bedingung übereinstimmt, daß ein minimaler

Werkstoffverbrauch für die Beseitigung der nichtausgeführten Nuten und Endabsätze gewährleistet sein muß. Im Falle einer geraden Schmiedestückanzahl tritt eine derartige Übereinstimmung unter der Bedingung $l_1 + l_3 \geq l_6$ ein.

Bei im Durchmesser verschiedenen Endabsätzen können die Schmiedestücke der Varianten 1 und 2 eine Verminderung der Schmiedearbeit gewährleisten, verglichen mit den Varianten 3 und 4. Die Verminderung des Arbeitsaufwands tritt hauptsächlich infolge verminderter Trennarbeiten beim Trennen der Schmiedestücke ein und zwar in den Fällen, wenn die Kennwerte des genannten Rohteils die Bedingung (2) erfüllen.

Wenn man berücksichtigt, daß die Varianten 1 und 2, die eine Stoßverbindung der Schmiedestücke durch Stufen gleichen Durchmessers vorsehen, bei $d_1 \neq d_n$ eine gewisse zusätzliche Erleichterung für das Schmieden schaffen, verglichen mit den Varianten 3 und 4, so sind sie auch in dem Fall vorzuziehen, der durch die Ungleichung (3) gekennzeichnet wird, obwohl die Trennarbeiten dem Aufwand nach hier bereits keine Vorteile mehr schaffen. In den untersuchten Fällen ist von den Varianten 1 oder 2 jenes optimal, bei dem der Werkstoffverbrauch abnimmt.

Häufig kommen die Fälle vor, wo die Abmessungen eines Rohteils paarweise die Bedingungen

$$l_1 - 0,5l_6 < 0, \text{ aber } l_3 - 0,5l_6 \geq 0 \quad (6)$$

oder

$$l_1 - 0,5l_6 > 0, \text{ aber } l_3 - 0,5l_6 < 0. \quad (7)$$

erfüllen.

Wenn man die Varianten 1 und 2 miteinander vergleicht, kann man feststellen, daß es bei gerader Schmiedestückanzahl und Erfüllung der Ungleichung (6) effektiver ist, die Variante 1 zu verwenden, bei Erfüllung der Ungleichung (7) jedoch Variante 2.

Solche Entscheidungshilfen bieten die Möglichkeit, die Anzahl schwer ausführbarer Nuten zu verringern, d.h. die Trennanzahl entsprechend zu vermindern.

Unter Berücksichtigung der dargelegten Feststellungen wurde eine Methode zur Auswahl der optimalen Variante der Schmiedestückslage erarbeitet; dabei wurden die Vor- und Nachteile der verschiedenen Anordnungsmöglichkeiten berücksichtigt, und es war folgender Ablauf der technologischen Analyse vorgesehen:

1) Feststellung der Verschiedenartigkeit des Schmiedestücks nach der Klassifikation unter Berücksichtigung der mechanischen Prüfbedingungen;

2) Feststellung der Abmessungen des reduzierten Rohteils, Bestimmung der technologischen Kriterien des Schmiedestücks;

3) Bestimmung der möglichen Lagevarianten der Schmiedestücke, die zweckmäßigerweise unter Berücksichtigung der tatsächlichen Abmessungen des Schmiedestücks und des Rohteils, sowie der Schmiedestückanzahl untersucht werden;

4) Optimierung der Lagevarianten der Schmiedestücke und Bestimmung der Proben für die mechanischen Prüfungen (unter Berücksichtigung der Ergebnisse der vergleichenden Bewertung der Lagevarianten) unter Berücksichtigung des Werkstoffverbrauchs und der Produktivitätsfaktoren beim Schmieden.

Wenn keine Forderungen auf mechanische Proben vorhanden sind, dann muß der Schritt zur Abstimmung des Werkstoffverbrauchs für die Proben ausgeklammert werden. In diesem Fall ist es außerdem sinnvoll, bei den Schmiedestücken der ersten Gruppe aus der Zahl der zweckmäßigen die Anordnung 4 heraus zunehmen.

Zur Ausführung des vorgeschlagenen Optimierungsverfahrens wurden logische Schemata und technologische Algorithmen zur Auswahl der optimalen Variante erarbeitet; von ihnen werden die unter Produktionsbedingungen praktisch möglichen Kombinationen der Maße der Schmiedestücke und der ihnen entsprechenden Rohteilen erfaßt.

Zur Illustration des Optimierungsverfahrens ist in Abb. 6 ein logisches Schema zur Auswahl der optimalen Lagevariante von Schmiedestücken der zweiten Gruppe dargestellt, und zwar für den Fall, wenn keine Zugaben für mechanischen Prüfungen verlangt werden. Es ist für die Bedingung $l_6 \geq 0,8D$ berechnet und so aufgebaut, daß bei der Suche nach der optimalen Anordnungsmöglichkeit der Schmiedestücke im Schlußabschnitt das Ergebnis des Vergleichs über den Werkstoffverbrauch bei den verglichenen Varianten als Auswahlkriterium dient. Zur Vereinfachung der

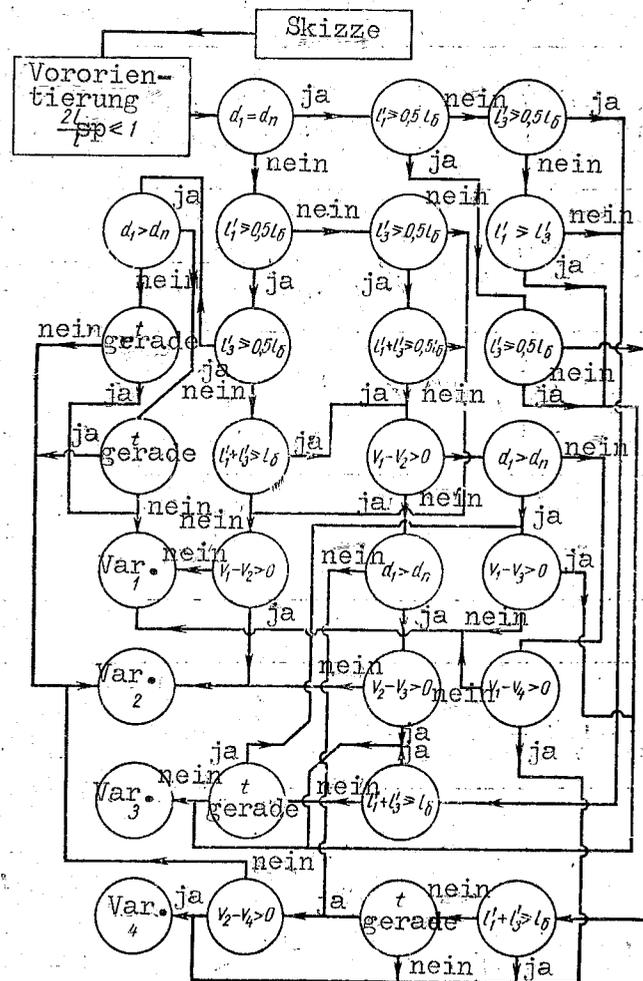


Abb. 6. Logisches Schema über die Lage der Schmiedestücke der zweiten Gruppe im Block (ohne Proben für mechanische Prüfungen):

V_1, V_2, V_3, V_4 - Werkstoffvolumina der Zugaben und Abfälle, je nach den Lagevarianten der Schmiedestücke 1, 2, 3 und 4.

Suche ist der Suchalgorithmus für einen Teil der Varianten (insgesamt 80) in Form von Tab. 2 dargestellt. Wenn die Ungleichung erfüllt ist, dann steht das Pluszeichen, bei Nichterfüllung das Minuszeichen. Wenn der Wert irgendeiner Ungleichung für die Lösung unbedeutend ist, dann steht in der entsprechenden Spalte eine Null. Die Wahl der optimalen

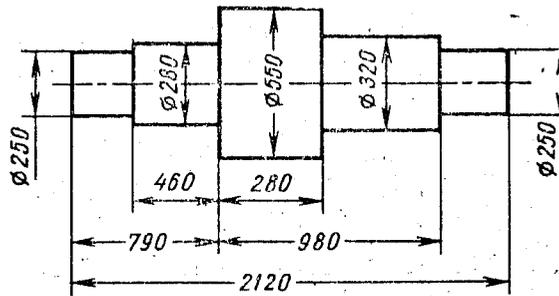


Abb. 7. Schmiedestücksskizze für das Rechenbeispiel

Lageanordnung bei Vereinigung der Schmiedestücke nach der vorgeschlagenen Methode wollen wir am Beispiel des in Abb. 7 dargestellten Schmiedestücks untersuchen.

Die Berechnung nach Formel (1a) zeigt, daß die Bezeichnung d_1 zur Endstufe mit der Länge 330 mm und die Bezeichnung d_n zur Endstufe mit der Länge 350 mm gehören muß.

Unter Berücksichtigung der Durchmesserverkleinerung beim "Absetzen" vergrößern wir den Durchmesser des reduzierten Rohteils um 5 %, verglichen mit dem Durchmesser des Mittelabschnitts, d.h.

$$D = 1,05 \cdot 550 = 577 \text{ mm.}$$

Weiter berücksichtigen wir den Koeffizienten 1,015 für Werkstoffabbrand und bestimmen die Ausgangskriterien (Tab. 2), wobei wir $l_0 = 500$ mm annehmen:

$$l_1 = \frac{(250^2 \cdot 330 + 280^2 \cdot 460) \cdot 1,015}{577^2} = 173 \text{ mm, d.h. } l_1 < 0,5l_0 = 250 \text{ mm;}$$

$$l_3' = \frac{(250^2 \cdot 350 + 320^2 \cdot 700) \cdot 1,015}{577^2} =$$

$$= 285 \text{ mm, d.h. } l_3' > 0,5l_6 = 250 \text{ mm};$$

$$l_1' + l_3' = 173 + 285 = 458 \text{ mm, d.h. } l_1' + l_3' < l_6 = 500 \text{ mm};$$

$$2l_1' \rightarrow + \frac{0,21d_1^3}{0,75D^2} = 346 + \frac{0,21 \cdot 250^3}{0,78 \cdot 577^2} =$$

$$= 358,7 \text{ mm, d.h. } < l_6 = 500 \text{ mm};$$

$$l_1' + \frac{0,21d_1^3}{0,78D^2} = 173 + \frac{0,21 \cdot 250^3}{0,78 \cdot 577^2} =$$

$$= 185,7 \text{ mm, d.h. } < 0,4D = 231 \text{ mm};$$

$$l_1' + l_3' + \frac{0,21d_1^3}{0,78D^2} = 185,7 + 285 =$$

$$= 470,7 \text{ mm, d.h. } < l_6 = 500 \text{ mm}.$$

Da $l_1' < 0,5l_6$; $l_3' > 0,5l_6$; $d_1 = d_n$, liegt die gesuchte Lösung nach Tab. 2 zwischen den Varianten 12 - 18. Bei gerader Anzahl t der in einem Block vereinigten Schmiedestücke und unter Berücksichtigung des Wertes der übrigen Kriterien des reduzierten Rohteils stellen wir fest, daß das Beispiel der Variante 18 entspricht. Folglich ist es für die Wahl der Anordnung ausreichend, die Ungleichung

$$l_3'(t-1) + 0,4D - \frac{t}{2} l_6 - \frac{0,21d_n^3}{0,78D^2} > 0.$$

zu berechnen.

Wenn die Ungleichung erfüllt ist, wird Anordnung 3 gewählt, anderenfalls Anordnung 1. Beim Einsetzen der gefundenen Werte dieser Ungleichung kann man feststellen, daß die Lageanordnung 3 bei beliebiger gerader Anzahl von vereinigten Schmiedestücken optimal ist.

Bei Untersuchungen einer ungeraden Anzahl von Schmiedestücken in einem Block wird ein solcher Anordnungsfall nach den oben genannten Abmessungen des reduzierten Rohteils nach der in Tab. 2 genannten Variante 13 ausgeführt; dabei sollte auch immer Anordnung 3 verwendet werden. Bemerkt sei, daß beim Schmieden eines Schmiedestücks aus dem Block Anordnung 3 mit Anordnung 1 übereinstimmt. In Tab. 3 ist ein Vergleich

Wahl der optimalen Lageanordnung der Schmiedestücke
der zweiten Gruppe (Ohne Zugaben für mechanische Prüfungen)

Tabelle 2

Nr. d. Varian d_1/d_n	Verhältnis l_1/l_3	Werte l_1, l_3 von	gerade $l_1 + l_3 > l_6$	$\frac{0,21d_1^3}{0,78D^2} > l_6$	$\frac{0,21d_3^3}{0,78D^2} > l_6$	$\frac{0,21d_1^3}{0,78D^2} > 0,4D$	$\frac{0,21d_3^3}{0,78D^2} > 0,4D$	$\frac{0,21d_1^3}{0,78D^2} + \frac{0,21d_3^3}{0,78D^2} > l_6$	Wahl der Lageanordnung			
									Kontrollüberprüfung		Rechen- ergebnis	Lageanordn.
									Hauptformel			
1			-	0	0	0	0	0				
2			+	0	+	+	0	0			+	4
3			+	0	+	-	0	+				
4			+	0	-	+	+	0				
5			+	0	-	+	-	0			-	3
6			+	0	+	-	0	-		$l_1 > l_3$		
7			+	0	-	-	0	0			+	1
											-	2
8		$l_1 < 0,5l_6; l_3 < 0,5l_6$	+	0	+	-	0	+		$l_3 - l_1 - \frac{t}{2} \left[l_6 - \left(2l_1 + \frac{0,21d_1^3}{0,78D^2} \right) \right] > 0$	+	4
											-	2
9			+	0	+	-	0	-		$0,4D - \left(l_1 + \frac{0,21d_1^3}{0,78D^2} \right) - \frac{t}{2} \left[l_6 - \left(2l_1 + \frac{0,21d_1^3}{0,78D^2} \right) \right] > 0$	+	4
											-	2
10			+	0	-	+	+	0		$0,4D - \left(l_3 + \frac{0,21d_n^3}{0,78D^2} \right) - \frac{t}{2} \left[l_6 - \left(2l_3 + \frac{0,21d_n^3}{0,78D^2} \right) \right] > 0$	+	3
											-	1
11			+	0	-	+	-	0		$l_1 - l_3 - \frac{t}{2} \left[l_6 - \left(2l_3 + \frac{0,21d_n^3}{0,78D^2} \right) \right] > 0$	+	3
											-	1
12			0	+	0	0	0	0		0	0	3
13			-	-	0	0	0	0		0	0	3
14			+	-	+	0	0	0		0	0	1
15		$l_1 < 0,5l_6; l_3 > 0,5l_6$	+	-	-	0	+	0		$\left(\frac{t}{2} - 1 \right) (l_6 - 2l_1) - (t - 1) \frac{0,21d_n^3}{0,78D^2} > 0$	+	3
											-	1
16			+	-	-	0	+	0		$l_1 + l_3(t - 1) - \frac{t}{2} l_6 > 0$	+	3
											-	1
17			+	-	-	0	-	0		$\left(\frac{t}{2} - 1 \right) l_6 - l_1(t - 1) - t \frac{0,21d_n^3}{0,78D^2} > 0$	+	3
											-	1
18			+	-	-	0	-	0		$l_3(t - 1) + 0,4D - \frac{t}{2} l_6 - \frac{0,21d_n^3}{0,78D^2} > 0$	+	3
											-	1

Tabelle 3

Der Werkstoffverbrauch in Abhängigkeit von der Lagevariante der vereinigten Schmiedestücke

Lagevariante	Anzahl der vereinigten Schmiedestücke	Techn. Abfälle bei den Vorgäng.				
		Schmieden der unfertigen Elemente des reduzierten Rohteils		Beim Trennen d. Endes		Insg. [kg]
		Nuten an der Stoßfläche d. Schmiedestücken	Endteil mit d. Länge			
Anzahl	Abfälle insg. [kg]	Abfälle [kg]				
1	4	1	316	118	0	434
2	4	2	632	0	26	658
3	4	3	258	0	26	284
1	3	1	316	0	26	342
2	3	1	316	118	0	434
3	3	2	172	0	26	198
1	2	0	0	118	0	118
2	2	1	316	0	26	342
3	2	1	86	0	26	112

der optimalen Anordnungen, die nach der besagten Methode ausgewählt wurden, mit anderen möglichen Anordnungen angegeben. Wie aus den Angaben ersichtlich ist, kann man durch eine begründete Auswahl von Schmiedestückanordnungen die technisch notwendigen Abfälle beim Schmieden wesentlich verringern. Durch Algorithmierung der Lösung dieser Fragen kann man den Stand der technologisch erarbeiteten Erfahrungen steigern und sie für Rechnerzwecke verwenden.

Stuttgart, den 25.11.1977

übersetzt von

Ottmar Pertschi
(Ottmar Pertschi)
Dipl.-Übersetzer