

Lju Chaj-Kuan', Tarnovskij, I.Ja., Trubin, V.N.

DIE DURCHSCHMIEDUNG VON METALL BEIM RECKEN GROSSER SCHMIEDE-
STÜCKE MIT FLACHSÄTTELN

Deutsche Vollübersetzung aus:

Kuznečno-šampovočnoe proizvodstvo. Moskva, 2 (1960), Nr 9, S. 1 - 5.

Russ.: **Проковка металла при протяжке крупных заготовок
на плоских бойках**

Prokovka metalla pri protjažke krupnych zagotovok
na ploskich bojkach

Beim Schmieden großer, stark beanspruchter Schmiedestücke aus einem Gußblock ist ein bestimmter Durchschmiedungsgrad notwendig, um einer bestimmten Metallstruktur die entsprechenden mechanischen Eigenschaften zu geben. Der Durchschmiedungsgrad beim Recken wird gewöhnlich nach dem Verhältnis der Querschnittsflächen von Gußblock und Schmiedestück berechnet. Nach dieser Berechnung erhält man nur den mittleren Formänderungsgrad.

Je nach den Bedingungen kann jedoch die Durchschmiedung des Metalls bzgl. Querschnitt, und Länge des Schmiedestücks unterschiedlich sein. Bekanntlich unterscheidet sich die Durchschmiedung der Kernzone eines Schmiedestücks bisweilen erheblich von der Durchschmiedung der Oberflächenschichten. Dabei kann die Durchschmiedung an einem beliebigen Teil des Schmiedestücks (die sogenannte lokale Durchschmiedung) um einiges größer oder kleiner sein als die mittlere Durchschmiedung, und es kann somit zu einer inhomogenen Makrostruktur und Minderung der mechanischen Eigenschaften des geschmiedeten Metalls kommen [1], [2].

Daher ist die Untersuchung zur Bestimmung der Durchschmiedung bzgl. des Volumens des Schmiedestücks bei verschiedenen Schmiedeverfahren zur Erarbeitung einer rationellen Technologie für das Schmieden großer Schmiedestücke von großer Bedeutung.

Die theoretische Untersuchung zur Bestimmung der Verformung bzgl. des Querschnitts des Schmiedestücks beim Recken in einem Durchgang nach unterschiedlichen Methoden wurde schon früher veröffentlicht [3], [4]. Diese Arbeiten enthalten auch einige experimentelle Daten.

Im folgenden sind die grundlegenden Ergebnisse der systematischen Untersuchung zur Durchschmiedung von Metall (Bestimmung der Verformung nach Volumen) beim Schmieden nach verschiedenen Verfahren aufgeführt, angefangen mit dem einfachsten Fall, dem Recken in einem Durchgang bis hin zum Recken mit hohen Durchschmiedungsgraden.

Dabei änderten sich in bestimmter Reihenfolge die technologischen Parameter zur Durchschmiedung des Metalls: die Größe des Vorschubs oder das Verhältnis der Vorschubsgröße zur Dicke des Schmiedestücks, die Zahl der Durchgänge, der Durchschmiedungsgrad sowie die jeweilige Lage der Formänderungszonen bei verschiedenen Durchgängen.

Aufgrund der Untersuchung konnte eine Reihe von Gesetzmäßigkeiten zur Bestimmung der Formänderung beim Recken mit Flachsätteln aufgestellt und Empfehlungen praktischer Art gegeben werden.

Die Versuche wurden bei Laborbedingungen an Werkstücken aus Blei durchgeführt, die aus zwei Hälften angefertigt worden waren. Sie hatten in der Trennebene ein Koordinatennetz (Abb. 1) und waren mit einer Wood-Legierung zusammengelötet. Die zwischen den Sätteln angebrachten Anschläge sorgten bei jedem Schmiedehub für den erforderlichen Stauchgrad.

Die geschmiedeten Werkstücke wurden ausgemessen und erwärmt, um die Hälften zu trennen. Das verformte Koordinatennetz wurde mit einem Instrumentenmikroskop gemessen.

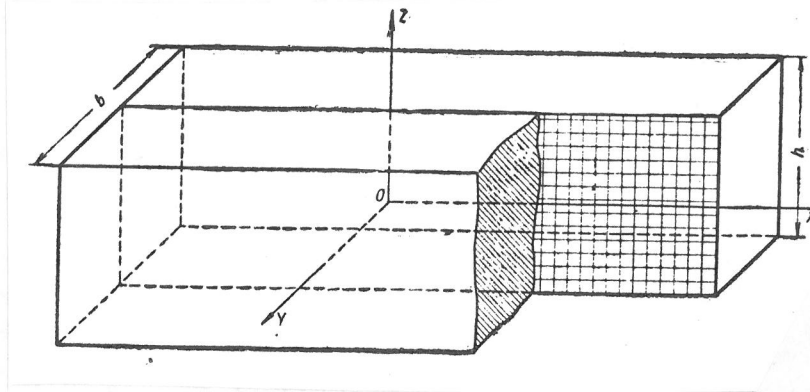


Abb. 1 Mehrteiliges Werkstück aus Blei

Die Verformung jedes Kästchen im Koordinatennetz errechnete sich nach der Relation

$$\epsilon_x = -\frac{s_1 - s_0}{s_0},$$

wobei s_0 und s_1 die Kästchenmaße vor und nach der Verformung bezeichnen.

Die lokale Durchschmiedung kann man als relative Änderung der Kästchenmaße in Längsrichtung des Schmiedestücks bestimmen:

$$y_1 = \frac{s_1}{s_0} = 1 + \epsilon_x,$$

während die mittlere Durchschmiedung die relative Änderung der Länge des gesamten Schmiedestücks ist:

$$y = \frac{L_1}{L_0} = \frac{F_0}{F_1},$$

L_0 , L_1 , F_0 und F_1 bezeichnen hier die Längen und Querschnittsflächen des Schmiedestücks vor und nach dem Schmieden.

Wir betrachten zuerst das Strecken in einem Durchgang, da der Streckungsprozeß im allgemeinen eine Kombination mehrerer Durchgänge mit Werkstückdrehung darstellt und der Verformungsendzustand die Summe der Formänderungen bei jedem Durchgang ist.

Es wurden Werkstücke mit einem Querschnitt von 40 x 40 und 40 x 80 mm mit unterschiedlichen Vorschubgrößen: $l = 10, 16, 24$ und

40 mm geschmiedet. Das Verhältnis der Vorschubgröße zur Dicke des Schmiedestücks betrug 0,25; 0,4; 0,6 und 1,0. Der mittlere Stauchgrad bzgl. der Höhe betrug somit $\frac{\Delta h}{h} \cdot 100\% = 20\%$.

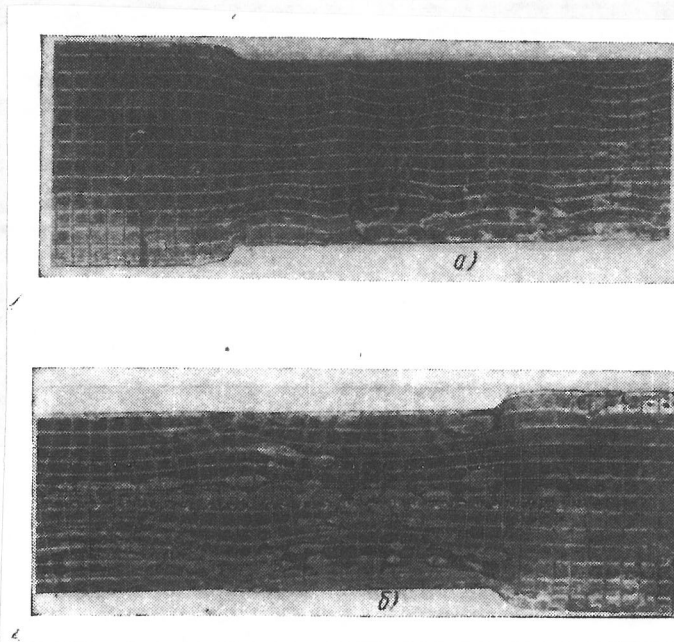


Abb. 2 Verformtes Koordinatennetz

- a) $h \times b = 40 \times 40 \text{ mm}$, $l = 16 \text{ mm}$, $\frac{l}{h} = 0,4$;
 b) $h \times b = 40 \times 80 \text{ mm}$, $l = 40 \text{ mm}$, $\frac{l}{h} = 1$

In Abb. 2 sind zwei verformte Koordinatennetze von Werkstücken abgebildet, die bei $\frac{l}{h} = 0,4$ und 1 geschmiedet wurden. Ein Ende wurde nicht geschmiedet, um die Durchdringung der Verformung in der äußeren Zone feststellen zu können.

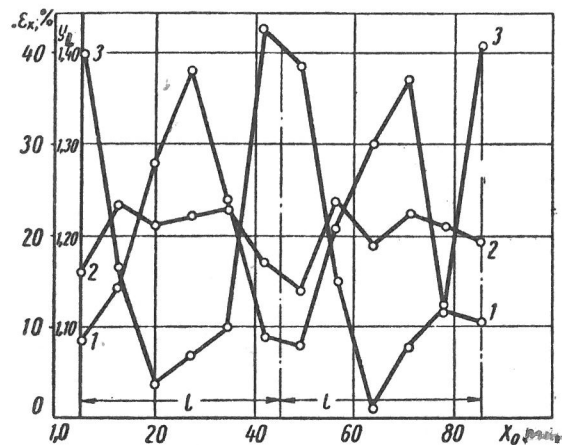


Abb. 3 Verteilung der Formänderung und lokalen Einschmiedung bzgl. Querschnitt und Länge eines bei $\frac{l}{h} = 0,4$ abgeschmiedeten Schmiedestücks.

Abb. 3 zeigt ein Formänderungsschaubild für den Fall $\frac{1}{h} = 0,4$. Auf der Ordinate ist die Längsverformung ϵ_x und die lokale Durchschmiedung γ_1 aufgetragen. Kurve 1 entspricht der zentralen Schicht des Streifens, Kurve 3 der peripheren und Kurve 2 einer Zwischenschicht.

Da der Streckungsprozeß in einem Durchgang aus mehreren wiederholten Stauchungen besteht, trägt demnach die Verteilung der Formänderung bzgl. der Länge des Schmiedestücks periodischen Charakter. Die Zonen der maximalen und minimalen Verformung von Kernschichten und Oberflächenschichten wiederholen sich periodisch.

In der Kernzone (Kurve 1) wird der maximale Formänderungsgrad in der Mitte der Länge der Formänderungszone erreicht, d.h. in der Mitte der Länge des Vorschubs l , und der Mindestgrad an den Stoßstellen der angrenzenden Vorschübe. In der Oberflächenschicht des Schmiedestücks war die Formänderung in der Mitte der Länge der Formänderungszone praktisch 0. Sie war am größten an den Stoßstellen der angrenzenden Vorschübe (Kurve 3).

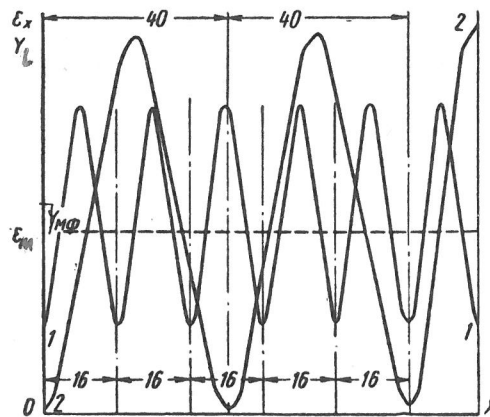


Abb. 4. Schema der Verteilung der Formänderung bezgl. der Mittelachse des Schmiedestücks:

- 1) bei $\frac{1}{h} = 0,4$; 2) bei $\frac{1}{h} = 1$.

In Abb. 4 sind die Änderungskurven für die lokale Durchschmiedung und Formänderung bzgl. der Länge des Schmiedestücks für die Kernzone bei $\frac{1}{h} = 0,4$ und 1 abgebildet. Bei kleiner werdendem $\frac{1}{h}$ von 1 bis 0,4 verringerte sich die Ungleichmäßigkeit der Verformung.

Diese Verringerung resultiert jedoch aus den unterschiedlichen Spannungszuständen, da bei $\frac{1}{h} < 0,5$ im Zentrum des Schmiedestücks Zugspannungen in Längsrichtung bestehen [3]. Es empfiehlt sich daher beim Schmieden großer Schmiedestücke, nicht mit kleinen Vorschüben zu arbeiten. Die Bildung einer einfachen Kurve ist dagegen ein positives Zeichen dafür, daß in der Formänderungszone mit Ausnahme des Bereichs, der an die Seitenoberflächen angrenzt, ein allseitiger ungleichmäßiger Pressdruck vorhanden ist. Folglich wird der optimale Wert für $\frac{1}{h}$ der Wert sein, der einen allseitigen pressenden Spannungszustand garantiert und den gleichmäßigsten Verformungszustand ergibt. Aufgrund der Versuchsergebnisse und Daten aus Arbeit [3] ist als optimaler Wert $\frac{1}{h} = 0,5 \div 0,7$ anzunehmen.

Für die Schmiedetechnik ist der Fall des Reckens in mehreren Durchgängen mit Verschiebung der Grenzen der Formänderungszone in den angrenzenden Durchgängen typischer. Das Schmieden quadratischer Blöcke von 40 x 40 mm zu unterschiedlich großen Platten erfolgte in 1, 2, 3 und 4 Durchgängen ohne Werkstückdrehung bei $\frac{1}{h} = 0,4; 0,6$ und 1,0. In den Versuchen wurde festgestellt, daß bei gegebener Gesamtstauchung die Durchschmiedung der Kernzone des Schmiedestücks um so gleichmäßiger ist je öfter die Vorschubgrenzen geändert werden, d.h. je öfter sich die Lage der maximalen und minimalen Formänderungszone bzgl. der Länge des zentralen Schmiedestückteils ändert. Dies erreicht man durch eine höhere Durchgangszahl, d.h. beim Schmieden mit kleinen Stauchungen während des Pressens und Vorschubänderung nach jedem Durchgang.

Es herrscht die Meinung, daß beim Schmieden auf einer Presse mit kleinen Stauchungen im Zentrum des Schmiedestücks keine Formänderung auftritt. Unsere Versuche haben dies nicht bestätigt. 2 Bänder mit dem gleichen Wert $\frac{1}{h} = 1$ und gleichem allgemeinen Stauchgrad von 20 % wurden geschmiedet. Das Strecken des ersten Bandes erfolgte in einem Durchgang, das Strecken des zweiten Bandes in vier Durchgängen, d.h. der Stauchgrad betrug beim Schmieden des zweiten Bandes in jedem Durchgang 5 %. Die Lage der Vorschubgrenzen wurde nicht geändert. Der Verformungszustand erwies sich in beiden Fällen als völlig gleichartig. Die Versuche machen deutlich, daß der Verformungszustand nicht unmittelbar vom Änderungsgrad abhängt. Kleine Stauchungen beim Schmieden können die Verteilung der Formänderung bzgl. des Volumens des Schmiedestücks ändern. Der Grund hierfür ist jedoch

nicht die geringere Stauchung, sondern die jeweilige Änderung der Grenzen der Formänderungszonen in den verschiedenen Durchgängen. Je geringer die Stauchung, desto mehr Durchgänge und häufigere Änderung der Lage der Zone erschwerter und intensiver Verformung, und desto gleichmäßiger ist das Metallwerkstück bzgl. Durchmesser und Länge des Schmiedestücks. Werden die Zonengrenzen nicht verschoben, so gibt es auch keinen Verformungsausgleich.

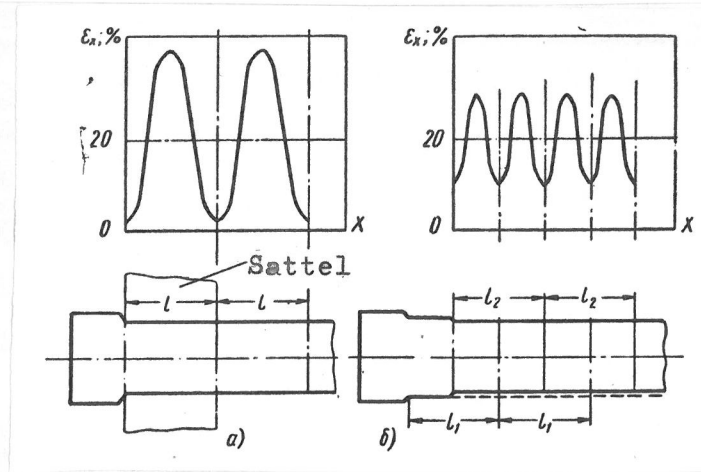


Abb. 5. Formänderungsschema für die Kernzone:

- a) für das in zwei Durchgängen gestreckte Werkstück ohne Änderung der Zonengrenzen
- b) für das in zwei Durchgängen gestreckte Werkstück mit Änderung der Zonengrenzen um $\frac{1}{2} l$.

Abb. 5 zeigt schematisch, wie sich die Verteilung der Formänderung aufgrund der Zonengrenzenverschiebung ausgleicht. In beiden Fällen beträgt der mittlere Stauchungsgrad bzgl. der Höhe 20 %. Das erste Band wurde in zwei Durchgängen ohne Änderung der Zonengrenzen geschmiedet (siehe Abb. 5a), während das zweite Band in zwei Durchgängen um die Hälfte der Vorschublänge verschoben wurde (Abb. 5b).

Beim häufigsten Fall, dem Strecken in mehreren Durchgängen mit Werkstückdrehung sind ebenfalls zwei Schmiedarten möglich, insbesondere das Schmieden mit Beibehaltung der Vorschubgrenzen und mit Verschiebung der Grenzen.

Die Modelldarstellung für das Schmieden mit Beibehaltung der Vorschubgrenzen erlaubte die Feststellung, daß die lokale Durchschmiedung bzgl. Querschnitt und Länge des Schmiedestücks bei mittlerer

Durchschmiedung 2 sich bei $\frac{l}{h} = 1$ im Bereich 1,7 bis 4,9 und bei $\frac{l}{h} = 0,4$ im Bereich 1,4 bis 3,4 ändert. Somit ist die Ungleichmäßigkeit der Verformung bei Beibehaltung der Vorschubgrenzen sehr groß.

In der Praxis ergibt sich dieser Fall beim Ausschmieden von Enden geringer Länge sowie beim Schmieden gestufter Schmiedestücke mit einer Stufenlänge von nahezu Sattelbreite. In diesem Fall überdeckt der Sattel den gesamten zu schmiedenden Teil des Werkstücks, und die Zonen der maximalen und minimalen Formänderung ändern sich folglich nicht. Dies kann ein Grund für die niedrigere Qualität des Schmiedestücks sein.

Das Recken mit Werkstückdrehung und Änderung der Vorschubgrenzen verringert die Ungleichmäßigkeit der Durchschmiedung erheblich. Abb. 6 zeigt zwei Koordinatennetze von Proben, die bei $\frac{l}{h} = 0,4$ und 1 mit einer mittleren Durchschmiedung 4 geschmiedet wurden. Hier ist die Ungleichmäßigkeit nicht so erheblich wie bei Beibehaltung der Anschläge.

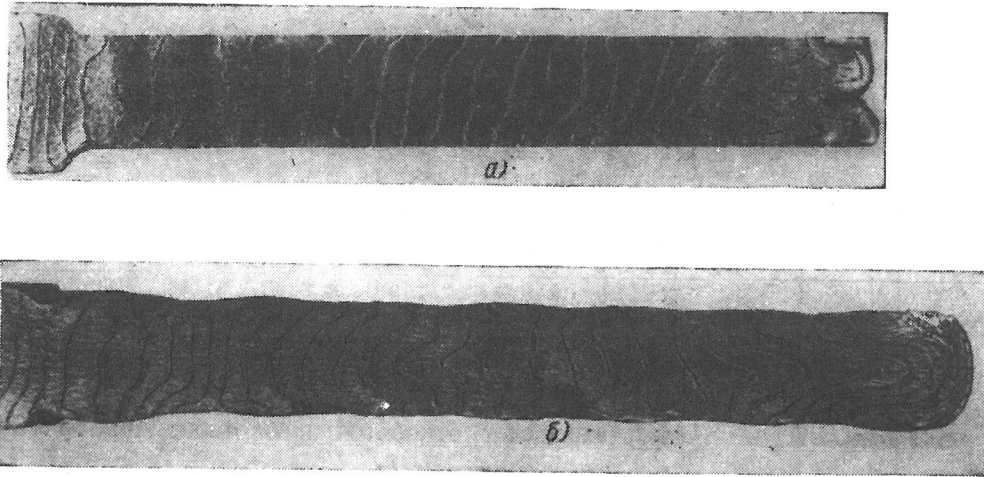


Abb. 6. Koordinatennetze der Schmiedestücke, die bei Änderung der Zonengrenzen geschmiedet wurden. Allgemeiner Einschmiedungsgrad 4: a) $\frac{l}{h} = 0,4$; b) $\frac{l}{h} = 1$.

Die zugehörigen Formänderungsdiagramme sind in Abb. 7 dargestellt. Beim Vergleich dieser Diagramme ist zu sehen, daß sich auch bei hoher Durchschmiedung das Verhältnis $\frac{l}{h}$ wesentlich auf die Verteilung der Formänderung auswirkt. Ändert sich bei $\frac{l}{h} = 0,4$ im zentralen Schmiedestückteil die lokale Durchschmiedung bzgl. der Länge von 2,5 bis 4,8, so ändert sie sich für $\frac{l}{h} = 1$ von 2,2 bis 5,5.

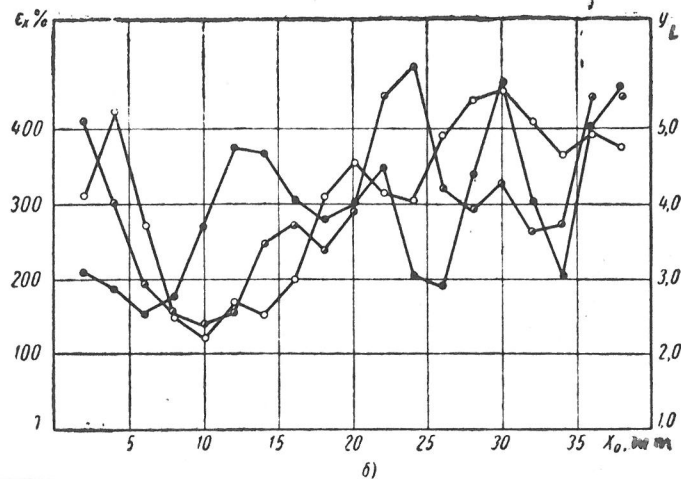
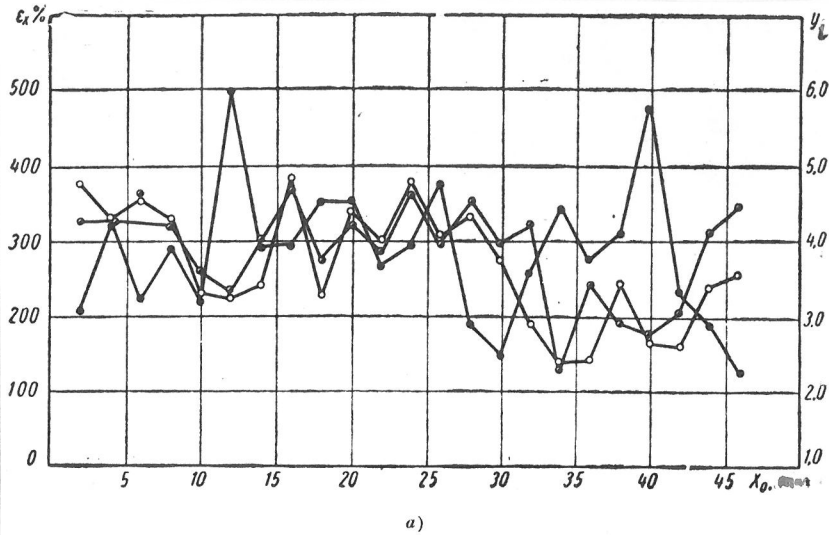


Abb. 7. Formänderungen verschiedener Schichten eines Schmiedestücks, das mit viermaligem Schmieden umgeformt wurde:

a) $\frac{1}{h} = 0,4$; b) $\frac{1}{h} = 1$ (○ - für die Kernzone, ● - für die Oberflächenschicht, ⊙ - für die Zwischenschicht)

Die Untersuchung der Proben ermöglichte folgende Schlußfolgerungen:

1. Die Versuche zeigten, daß sich beim Recken das Verhältnis der Vorschubgröße zur Dicke des Werkstücks erheblich auf die Verteilung der Formänderung bzgl. Querschnitt und Länge des Schmiedestücks auswirkt. Je größer dieses Verhältnis im Bereich der untersuchten Werte für $\frac{1}{h}$ (von 0,25 bis 1) ist, desto geringer ist die Ungleichmäßigkeit der Formänderungsverteilung. Bei $\frac{1}{h}$ größer

0,4 nimmt die Ungleichmäßigkeit sehr stark zu. Für eine gleichmäßige Verteilung der Formänderung und ein homogenes Metallschmiedestück nimmt man daher besser einen Wert $\frac{l}{h} \leq 0,4$. In einer früher veröffentlichten Arbeit wurde jedoch festgestellt, daß bei sehr kleinen Werten $\frac{l}{h}$ Zugspannungen in der Längsrichtung auftreten. Um diese zu vermeiden, empfiehlt sich ein Wert $\frac{l}{h}$ im Bereich 0,5 - 0,7. Bei der Wahl des Verhältnisses sind die konkreten Bedingungen beim Schmieden zu berücksichtigen. Bei einem wenig formbaren Metall, in dessen Inneren beim Schmieden Risse entstehen können, muß man somit größere Werte $\frac{l}{h}$ nehmen. Dagegen kann man bei einem ausreichend plastischen Metall, um die notwendige bessere Durchschmiedung der Kernzone zu erreichen, niedrigere Werte $\frac{l}{h}$ nehmen. Bei gehämmerten Schmiedestücken, die gewöhnlich bei $\frac{l}{h} > 1$ geschmiedet werden, sind für einen optimalen Vorschub andere Überlegungen anzustellen, die hier jedoch nicht behandelt werden.

2. Je häufiger die Vorschubgrenzen beim Recken in mehreren Durchgängen geändert werden, desto geringer ist der Grad der Ungleichmäßigkeit der Formänderung, und desto gleichmäßiger wird das Metall durchschmiedet.

Daraus folgt, daß es für ein besseres Durchschmieden des Werkstoffs zweckmäßig ist, den Streckungsprozeß mit mäßigen Stauchungen während des Schmiedens auszuführen und dabei die Zahl der Durchgänge zu erhöhen. In diesem Fall können sich die Vorschubgrenzen öfter ändern.

Letzteres hat besondere Bedeutung beim Schmieden von Gußblöcken mit geringen Durchschmiedungsgraden, wenn eine unregelmäßige Durchschmiedung der Gußstruktur die Metallqualität stark verschlechtert. Es empfiehlt sich nicht, aufgrund der geringen Stauchung beim Schmieden mit höheren Durchschmiedungsgraden die Zahl der Durchgänge zu erhöhen, da die Anzahl der Durchgänge ausreicht, um ein bzgl. Querschnitt und Länge des Schmiedestücks gleichmäßig durchschmiedetes Metall zu erhalten.

L i t e r a t u r

1. Бельнский С. В., Исследование литой и ковanej стали, Машгиз, 1952.

Belynskij, S.V.

Issledovanie litoj i kovanoj stali.

[Moskva:] Masgiz, 1952.

<Untersuchung von Guß- und Schmiedestahl; russ.>

2. Cook, P.M.: Dependence of Mechanical Properties of Forgings on Local Strain.

In: Journal of the Iron and Steel Institute, London, 179 (1955), S. 250 - 252.

3. Тарновский И. Я., Поздеев А. А., Пучков С. Г., «Известия ВУЗов. Черная металлургия» № 8, 1958.

Tarnovskij, I.Ja., Pozdeev, A.A., Pučkov, S.G.: Issledovanie deformatsionnogo sostojanija pri osadke paralelepipedov s ispol'zovanijem variacionnyh metodov.

In: Izvestija. Vyssie učebnye zavedenija. Černaja metallurgija. Moskva, 1 (1958), Nr 8, S. 123 - 133.

<Untersuchung des Verformungszustands beim Stauchen von Parallelepipeden nach Variationsverfahren; russ.>

4. Лю Хай-куань, Тарновский И. Я., «Известия ВУЗов. Черная металлургия» № 7, 1959.

Lju Chaj-Kuan', Tarnovskij, I.Ja.: Deformacija i usilija pri kuznecnoj vytjazke.

In: Izvestija. Vyssie učebnye zavedenija. Černaja metallurgija. Moskva, 2 (1959), Nr 7, S. 41 - 50.

<Verformung und Kräfte beim Strecken; russ.>

Stuttgart, den 18. März 1981

übersetzt von

gez.
(Ulrike Frieß-Ehlers)
Dipl.-Übersetzerin

Ottmar Pertschi
(Ottmar Pertschi)
Dipl.-Übersetzer