

PUNKTSCHWEISSBARKEIT DER STAHLBLECHE VON DURCH KALTVERFORMUNG ERHÖHTER FESTIGKEIT

Von

F. BAUER

Institut für Mechanische Technologie und Materialstrukturlehre,
Technische Universität, Budapest

In der heutigen technologischen Praxis wird die Festigkeit der Stähle durch Legieren, Wärmebehandlung, Kaltverformung sowie durch die Kombination dieser Verfahren erhöht. Bei schweißbaren Stählen werden der Festigkeitserhöhung durch Legieren, einerseits durch die Schweißbarkeit der Stähle [1—5], andererseits durch die bedeutenden Kostenwirkungen der Legierung Grenzen gesetzt. Bei Blechen stellen sich hinsichtlich der Wärmebehandlung mehrere technische Probleme [6, 7].

Von den genannten Verfahren zur Festigkeitserhöhung läßt sich — besonders für Dünobleche — die Kaltverformung günstig anwenden. Die Kaltverformung von Blechen erfolgt durch Kaltwalzen.

Durch Kaltverformung läßt sich die Festigkeit billiger Stähle mit geringem Karbongehalt günstig beeinflussen, wodurch sich bei Dünoblechkonstruktionen Materialeinsparung und günstigere Konstruktionsmöglichkeiten erreichen lassen.

Selbstverständlich machen sich die Vorteile der durch Kaltverformung erhöhten Festigkeit nur geltend, wenn durch das Verbindungsverfahren der Bleche die festigkeitserhöhende Wirkung der Kaltverformung nicht aufgehoben bzw. die Güte der Verbindung nicht beeinträchtigt wird.

Wie bekannt, können durch Wärmewirkung in kaltverformten Metallen Erweichung, Rekristallisation sowie Alterung eintreten [8, 9, 10]. Durch die Erweichung wird die festigkeitserhöhende Wirkung der Kaltverformung aufgehoben, durch die Rekristallisation — besonders die sekundäre Rekristallisation — sowie die Alterung die Plastizität der Schweißverbindung vermindert.

In der Fachliteratur wurden in den letzten Jahren mehrere Beiträge veröffentlicht, die über die Prüfung von Schweißverbindungen aus kaltverformtem Stahl berichten [11—17]. Hauptzweck dieser Forschungen war, festzustellen, welche Vergröberung, Erweichung sowie Alterung beim Schweißen von in geringem Maße (5 bis 15%) kaltverformten Stählen auftreten, und wie diese die Eigenschaften der Verbindung beeinflussen. Durch diese Forschungen sollte eine Revision bzw. Aufhebung der Verbote erreicht werden, die die

schweißtechnische Verwendung von bei der Fertigung kaltverformten (kanten-gebogenen, gepreßten usw.) Werkstoffen einschränken.

Anhand der Literaturangaben und der unternommenen Vorversuche ist anzunehmen, daß unter Anwendung geeigneter Schweißverfahren und bei geeigneten schweißtechnischen Parametern die Stähle mit durch Kaltverformung erhöhter Festigkeit für Schweißverbindungen geeignet sind. Die Vorteile der Kaltverformung sind besonders dann bedeutend, wenn zeitgemäße Verbindungsverfahren von hoher Produktivität verwendet werden. Da für Dünnbleche eine der modernsten Verbindungsmethoden die Punktschweißung ist, die neben der hohen Produktivität auch den Vorteil eines für kaltverformte Werkstoffe sehr günstigen Wärmezyklus hat, wurden im Laufe unserer Forschungsarbeit die Punktschweißverbindungen aus Blechen mit durch Kaltwalzen erhöhter Festigkeit geprüft.

Für die Versuche wurden unlegierte Weichstahlbleche mit geringem (0,16%) Karbongehalt benutzt.

Aus Blechen von 10 mm Stärke wurden durch Kaltwalzen und Zwischenwärmebehandlung 2 mm dicke Bleche mit Kaltverformungsgraden zwischen 0 und 80% hergestellt.

Die Ergebnisse der an diesen Blechen durchgeführten Zugprüfung in Längsrichtung sind in Abb. 1 dargestellt. Durch eine 80prozentige Kaltverformung (q) wurde die Zugfestigkeit der geprüften Bleche vom im normalisierten Zustand — also bei einem Kaltverformungsgrad 0% — gemessenen Wert $\sigma_B = 48 \text{ kp/mm}^2$ auf $\sigma_B = 80 \text{ kp/mm}^2$ erhöht (67prozentige Zunahme).

Selbstverständlich läßt sich die festigkeitserhöhende Wirkung der Kaltverformung nur bis zu einem bestimmten Grad ausnutzen, da mit höherer Festigkeit die Plastizität des Werkstoffes abnimmt. Bei der Verarbeitung werden die Bleche zum Teil kaltverformt (Kantenbiegung) bzw. wird von Baustählen immer eine gewisse Plastizität gefordert, damit keine Spröbruchgefahr besteht. Der anwendbaren Kaltverformung wird also durch den von der Verarbeitung und der Art der Konstruktion abhängigen, vertretbaren Minimalwert der Plastizität eine Grenze gesetzt.

Um den Einfluß des Kaltverformungsgrades auf die Punktschweißverbindungen zu prüfen, wurden aus in verschiedenem Grade geformten Blechen von 2 mm Dicke die Zweipunkt-Schweißverbindungen hergestellt (Abb. 2). Die angewandten Kaltverformungsgrade erreichten 10, 30, 50 und 80%. Um einen Bezugsweitz zu haben, wurden auch unter Anwendung von normalisierten Blechen Schweißverbindungen hergestellt.

Bei der Erhitzung kaltverformter Werkstoffe können Erholung und Rekristallisation erfolgen, die über Erweichung und Korngrößenänderung die Güte der Punktschweißverbindung beeinflussen.

Erweichung und Rekristallisation des kaltverformten Stoffes werden — wie bekannt — auch durch die Materialgüte, und neben dem Kaltverfor-

mungsgrad durch die Erhitzungstemperatur und durch die Heißhaltezeit bestimmt.

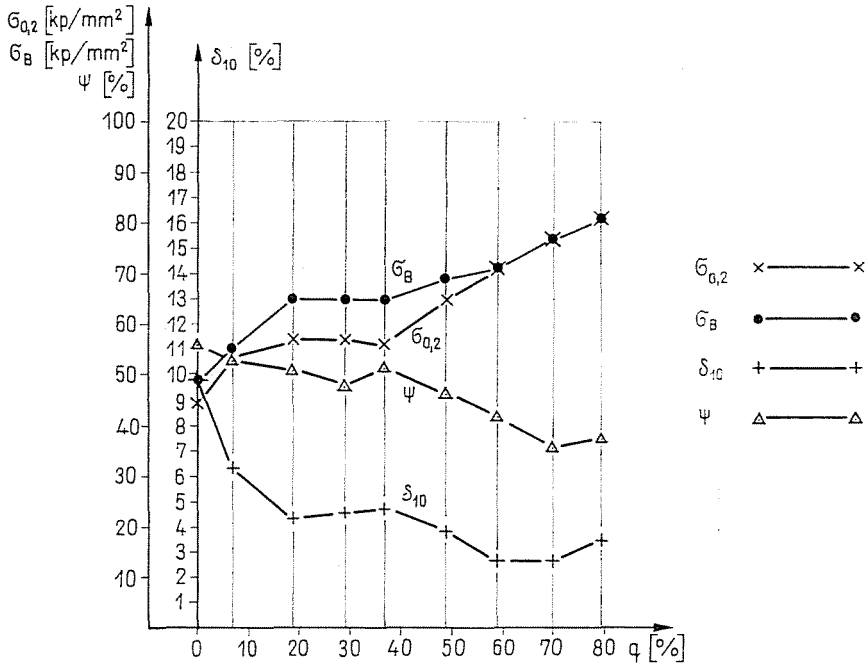


Abb. 1. Die Änderung der mechanischen Eigenschaften in Abhängigkeit vom Kaltverformungsgrad

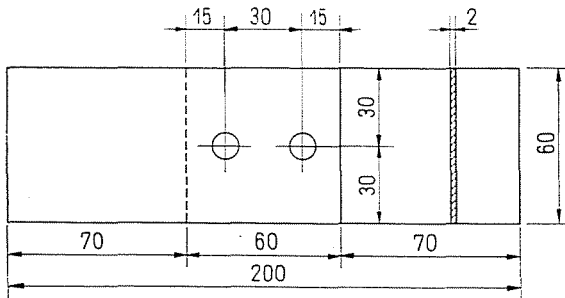


Abb. 2. Zweipunkt-Schweißverbindung

Bei demselben Grundstoff sind die Temperaturen in den einzelnen Teilen der Wärmewirkungszone und die Heißhaltezeiten von der Art der Wärmezufuhr, also von den Schweißparametern abhängig. Bei unseren Untersuchungen wurden also zwei unterschiedliche Parametergruppierungen geprüft. Eine von diesen gewährleistete eine weiche, die andere eine harte Arbeitsweise. Für die erstere sind eine lange Schweißzeit und geringe Stromstärke kenn-

zeichnend. Dadurch verbreitert sich die Wärmewirkungszone, Temperatur und Heißhaltezeit nehmen in einzelnen Teilen zu und als Ergebnis letzterer Erscheinungen wächst die Wahrscheinlichkeit der Erweichung und Rekristallisation. Bei einer durch kurze Schweißzeit und große Stromstärke gekennzeichneten, harten Arbeitsweise vermindert sich die Wahrscheinlichkeit der Erweichung und Rekristallisation infolge der raschen Wärmezufuhr und darauffolgenden raschen Abkühlung.

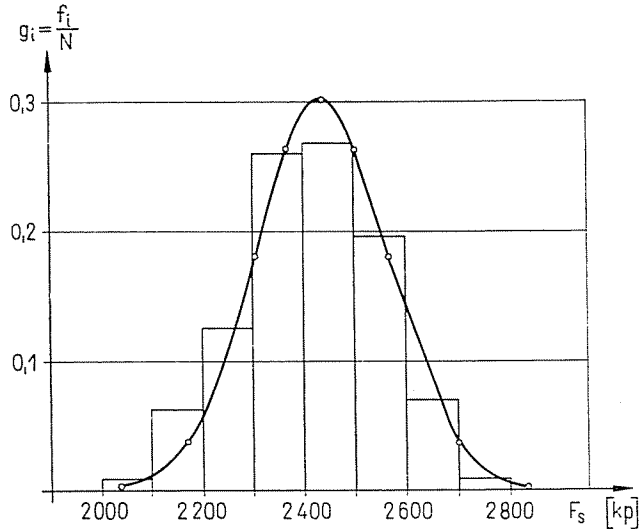


Abb. 3. Histogramm der Scherkräfte der Schweißverbindungen und die theoretische Verteilung

Es ist bekannt, daß die Festigkeit der Schweißverbindungen — auf die Wirkung von zufallsbestimmten Faktoren — eine gewisse Streuung aufweist. Das gilt besonders für Punktschweißverbindungen; wegen der größeren Anzahl zufallsbestimmter Faktoren ist hinsichtlich der Festigkeit bei Punktschweißverbindungen eine größere Streuung zu verzeichnen als unter Anwendung anderer Schweißverfahren. Derartige Kennwerte lassen sich lediglich nach den Methoden der mathematischen Statistik korrekt auswerten [18].

Zu einer solchen Auswertung muß die Verteilung der Meßergebnisse bekannt sein, und da bis jetzt für Punktschweißverbindungen darüber keine geeigneten Angaben zur Verfügung standen, wurde durch Ansatzuntersuchung die Dichtefunktion (F_s) der Scherkraft von punktgeschweißten Verbindungen bestimmt.

Da es sich mit großer Wahrscheinlichkeit annehmen läßt, daß die Scherkraft der Verbindungen einer Gaußschen Normalverteilung folgt, stellte die durchgeführte Untersuchung eigentlich eine Normalitätsprüfung dar.

Für die Normalitätsprüfung wurden 112 unter gleichen Umständen geschweißte Prüfkörper benutzt. Die aus diesen bestimmten Scherkräfte wurden nach zwei graphischen Verfahren, nach dem Histogramm- und dem Gaußpapierverfahren, sowie mit der sog. χ^2 -Probe ausgewertet.

Abb. 3, die das aus den Meßergebnissen konstruierte Histogramm sowie die Dichtefunktion der theoretischen Verteilung darstellt, veranschaulicht.

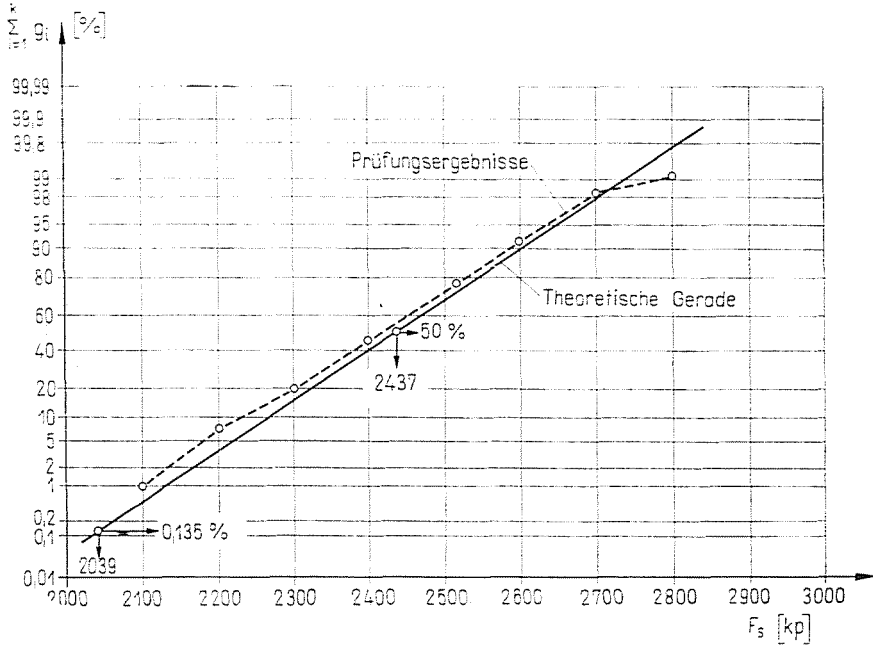


Abb. 4. Das nach den Prüfergebnissen konstruierte Diagramm und die theoretische Gerade

daß durch die Scherkraftverteilung der punktgeschweißten Verbindungen die Gaußsche Normalverteilung gut angenähert wird.

In Abb. 4 sind die Prüfergebnisse auf Gaußpapier dargestellt. Auch durch die geringe Abweichung von der theoretischen Geraden des nach den Prüfergebnissen konstruierten Diagramms wird die vorstehende Feststellung bestätigt.

Nach der χ^2 -Probe besteht für die Meßergebnisse zwischen der sog. empirischen Verteilung und der theoretischen Verteilung keine signifikante Differenz, d.h. die Scherkraftverteilung von Punktschweißverbindungen darf — in Übereinstimmung mit den Ergebnissen der anderen zwei Untersuchungen — für eine Gaußsche Normalverteilung gelten.

Unter Anwendung von in verschiedenem Grade kaltverformten Blechen wurden nach weicher und harter schweißtechnischer Arbeitsweise Verbindungen hergestellt. Durch Zugprüfung wurde einer der wichtigsten Kennwerte der

Punktschweißverbindungen, die Scherkraft, bestimmt. Anhand der Prüfungsergebnisse, die für Prüfkörper aus demselben Werkstoff unter Anwendung derselben Schweißtechnologie erhalten wurden, ermittelten wir den Mittelwert (\bar{F}_s) und die Streuung (S^*) der Scherkräfte.

Abb. 5 zeigt den Scherkraftmittelwert mit harter Arbeitsweise geschweißter Verbindungen und deren Streuung, in Abhängigkeit vom Kaltverformungs-

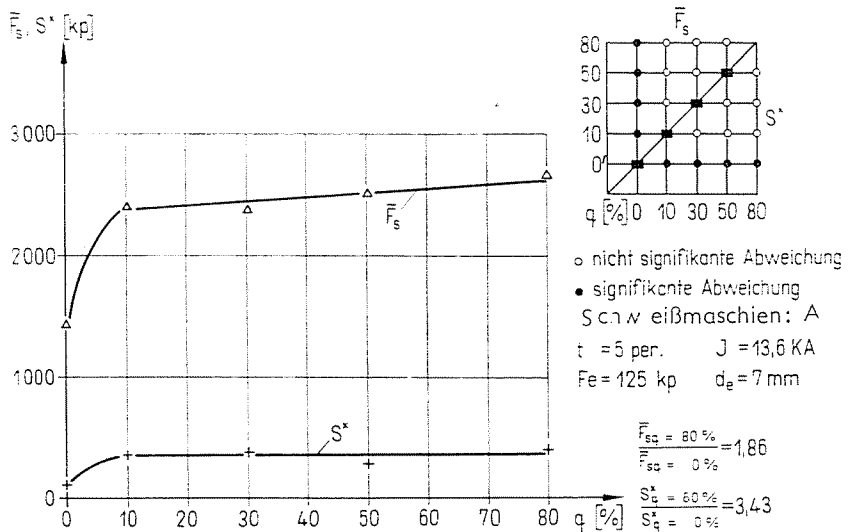


Abb. 5. Der Mittelwert und die Streuung der Scherkraft der Schweißverbindungen in Abhängigkeit vom Kaltverformungsgrad

grad. Der Scherkraftmittelwert nimmt mit zunehmendem Kaltverformungsgrad zu. Die Scherkraft der punktgeschweißten Verbindungen von 80prozentig kaltverformten Blechen ist im Vergleich zu Verbindungen aus normalisierten, also nicht kaltverformten Blechen um 86% größer.

Um den Verlauf der Mittelwerte in Abhängigkeit vom Kaltverformungsgrad zu analysieren, wurden die Mittelwerte nach mathematisch-statistischen Methoden miteinander verglichen. Dabei ergab sich, daß die Scherkraft der Schweißverbindungen aus kaltverformten Blechen bei einem Konfidenzniveau von 99% von der Scherkraft der Schweißverbindungen aus normalisierten Blechen signifikant abweicht. Dieses Konfidenzniveau bedeutet, daß die Abweichung statistisch gesichert ist.

Infolge dieser Scherkraftänderung stellt die Kaltverformung ein sehr vorteilhaftes Verfahren zur Festigkeitserhöhung des Ausgangsstoffes dar.

Die Ergebnisse zeigen, daß durch Kaltverformung nicht nur die Festigkeit des Grundstoffes sondern auch die der Punktnähte erhöht wird. Dadurch wird die Vorteilhaftigkeit der Kaltverformung noch größer. Die durch Kalt-

verformung erzielte Festigkeitserhöhung wäre nämlich selbst dann vorteilhaft, wenn die Scherkraft der Punktnähte gleich dem bei normalisierten Blechen erzielbaren Wert bliebe. Im Falle in Abb. 5 stimmt die Scherkraftzunahme praktisch mit der Festigkeitszunahme des Ausgangsstoffes überein. Das bedeutet, daß es nicht erforderlich ist, beim Verschweißen von Blechen höherer Festigkeit die Zahl der Schweißpunkte zu erhöhen.

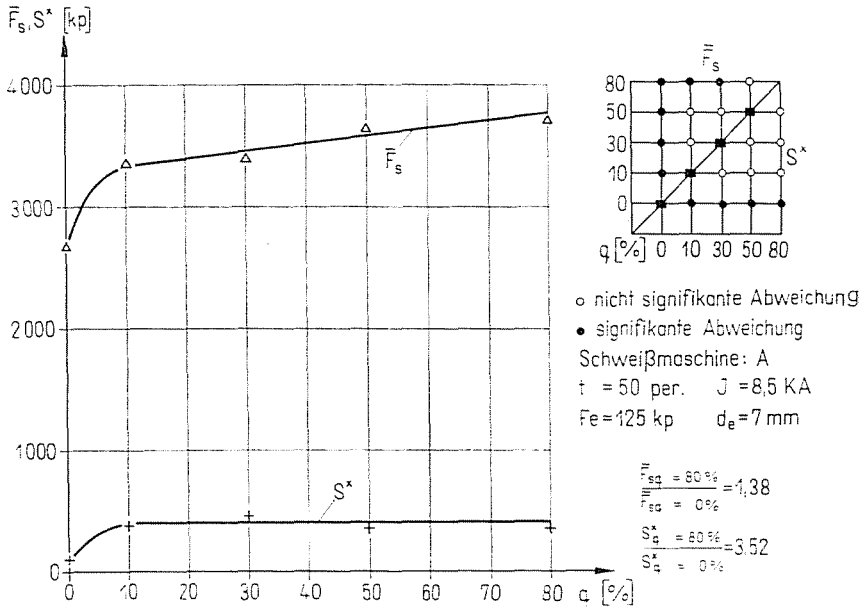


Abb. 6. Der Mittelwert und die Streuung der Scherkraft der Schweißverbindungen in Abhängigkeit vom Kaltverformungsgrad

In Abb. 5 ist neben dem Scherkraftmittelwert auch die Streuung der Scherkräfte dargestellt, die mit der Umformung zunimmt. Nach der Analyse der Streuungen mit der F-Probe besteht zwischen den Streuungen der Verbindungen aus normalisierten bzw. aus kaltverformten Blechen eine signifikante Abweichung. Das ist für die Güte der Verbindungen ungünstig. Auf diese Frage wird bei der Behandlung der Bemessungsscherkraft näher eingegangen.

Abb. 6 enthält die Untersuchungsergebnisse von in weicher Arbeitsweise geschweißten Verbindungen. Die Veränderungen sind von ähnlicher Art wie die vorigen, nur hinsichtlich ihrer Größe ist eine geringfügige Abweichung zu verzeichnen.

Abb. 7 bezieht sich auf in harter Arbeitsweise geschweißte Verbindungen. Im Verhältnis zu der in den vorigen Ausführungen behandelten harten schweißtechnischen Arbeitsweise ist in diesem Falle der Elektrodendruck höher; als Ergebnis bleibt die genannte Streuungszunahme aus.

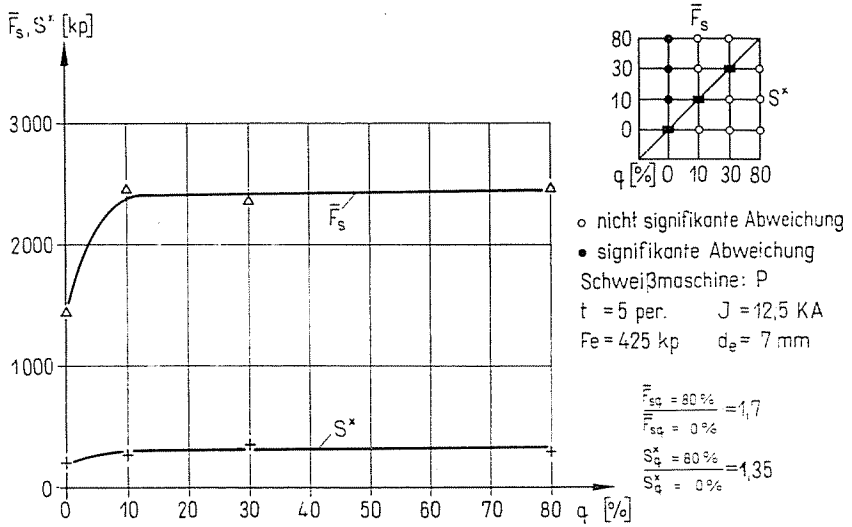


Abb. 7. Der Mittelwert und die Streuung der Scherkraft der Schweißverbindungen in Abhängigkeit vom Kaltverformungsgrad

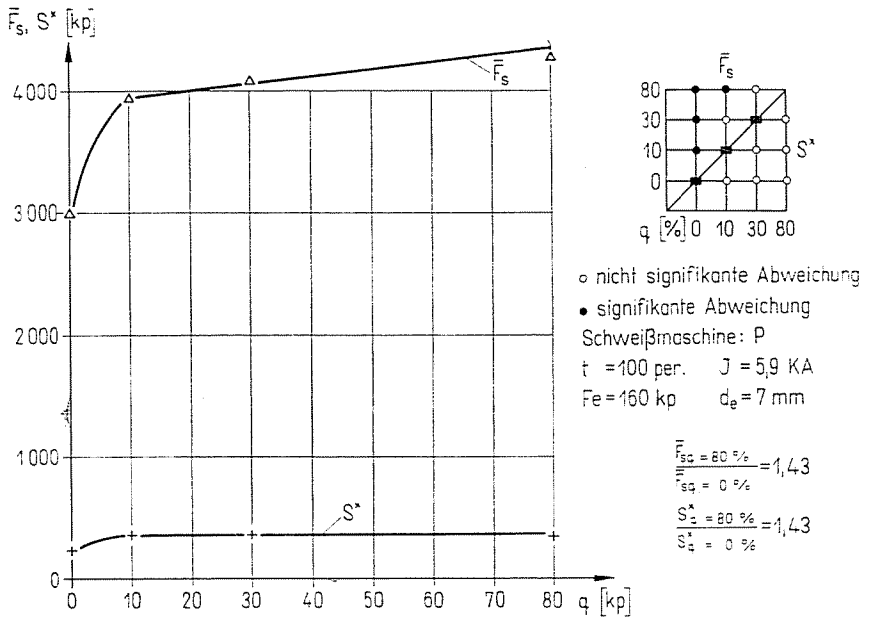
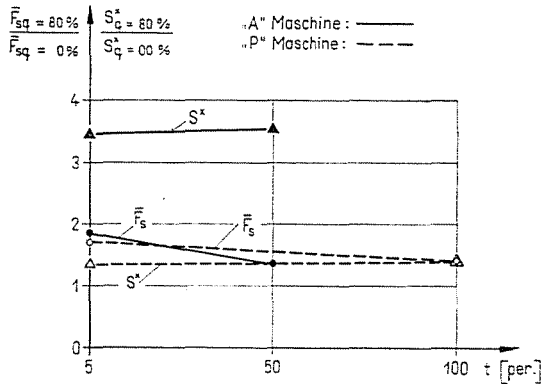


Abb. 8. Der Mittelwert und die Streuung der Scherkraft der Schweißverbindungen in Abhängigkeit vom Kaltverformungsgrad

Abb. 8 betrifft mit einer besonders weichen Arbeitsweise hergestellte Verbindungen und weist wesentliche Ergebnisse auf.

Im Gegensatz zu den bisherigen Annahmen und praktischen Meinungen, entstanden selbst in dieser Arbeitsweise mit langsamer Wärmezufuhr und langer Heißhaltezeit keine für die Festigkeit abträglichen Veränderungen. Der höhere Elektrodendruck führte auch hier zur Stabilisierung der Streuung.



Schweißmaschine	t[Period]	5	50	100	
A	$\frac{\bar{F}_{sq=80\%}}{\bar{F}_{sq=0\%}}$	1,86	1,38	—	
	$\frac{S_{q=80\%}^*}{S_{q=0\%}^*}$	3,43	3,52	—	
	F_e [kp]	125	125	—	
	P	$\frac{\bar{F}_{sq=80\%}}{\bar{F}_{sq=0\%}}$	1,70	—	1,43
		$\frac{S_{q=80\%}^*}{S_{q=0\%}^*}$	1,35	—	1,43
F_e [kp]		425	—	160	

Abb. 9. Der Mittelwert und die Streuung der Scherkraft der Schweißverbindungen in Abhängigkeit von der Schweißzeit

In Abb. 9 sind die beschriebenen Untersuchungsergebnisse zusammengefaßt. Die Abbildung zeigt den Quotienten aus den mittleren Scherkraften und den Streuungen der Schweißverbindungen aus 80prozentig kaltverformten sowie normalisierten Blechen, in Abhängigkeit von der Schweißzeit.

Aus der Abbildung lassen sich folgende Schlüsse ziehen:

1. Mit verlängerter Schweißzeit nimmt die Zunahme des Scherkraftmittelwerts ab (bei 5 Perioden beträgt die Zunahme 70 bis 86%; bei 50 Perioden 38%; bei 100 Perioden 43%).

2. Beim Schweißen von kaltverformten Blechen stellt die richtige Wahl des Elektrodendrucks eine wichtige Bedingung dar, da bei falsch gewähltem

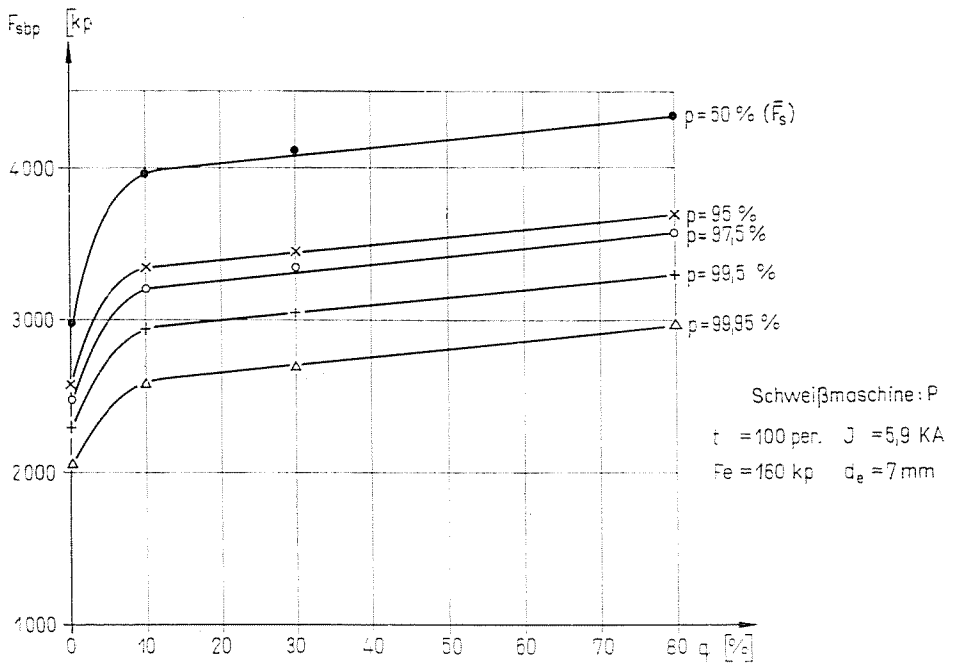


Abb. 10. Die Änderung der Bemessungsscherkräfte in Abhängigkeit vom Kaltverformungsgrad

Elektrodendruck die Streuung der Scherkräfte stark zunimmt (Schweißmaschine A, $F_e = 125 \text{ kp}$; 243 bis 252%; Schweißmaschine P, $F_e = 425$ bzw. 160 kp; 35 bzw. 43prozentige Zunahme der Scherkräftestreuung).

3. Durch die Schweißzeit wird die Streuung der Scherkräfte nicht beeinflusst.

Aus den bisherigen Ausführungen läßt sich feststellen, daß die Festigkeitszunahme der Verbindungen von kaltverformten und bei geeignet gewähltem Elektrodendruck und geeignet gewählter Schweißzeit geschweißten Blechen die Festigkeitszunahme des Grundstoffs erreichen kann.

Es wurde im Vorstehenden nachgewiesen, daß die Scherkraft von punktgeschweißten Verbindungen einer Gaußschen Normalverteilung folgt. In Kenntnis des Mittelwerts und der Streuung der Scherkräfte läßt sich die zum vorgegebenen Konfidenzniveau gehörende sog. Bemessungsscherkraft errechnen.

Das bedeutet, daß bei einer z. B. zum Konfidenzniveau von 99% gehörenden Bemessungsscherkraft nur im Falle 1% aller Schweißpunkte zu erwarten sei, daß die tatsächliche Scherkraft die Bemessungsscherkraft unterschreitet.

Die Bemessungsscherkraft wird wie folgt gedeutet: $F_{sbp} = \bar{F}_s - t \cdot s^*$. Dabei bedeuten: F_{sbp} die zum Konfidenzniveau p gehörende Bemessungsscherkraft; \bar{F}_s den Mittelwert der Scherkräfte; s^* deren Streuung. t ist der zum einseitigen Konfidenzniveau p gehörende Student-Faktor.

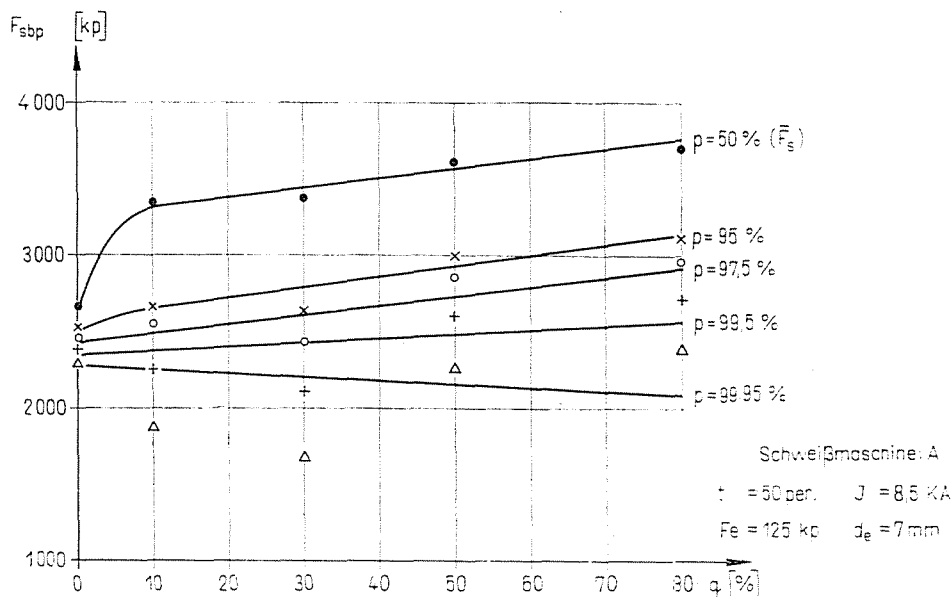


Abb. 11. Die Änderung der Bemessungsscherkräfte in Abhängigkeit vom Kaltverformungsgrad

Die mathematisch-statistisch gedeutete Bemessungsscherkraft gestattet bei Punktschweißverbindungen eine genauere Bemessung als bisher [4, 19, 20].

Die Bedeutung der von uns gedeuteten Bemessungsscherkraft wird in den folgenden Abbildungen veranschaulicht.

Abb. 10 zeigt die Änderung der im vorstehenden Sinne gedeuteten Bemessungsscherkräfte in Abhängigkeit von der Kaltverformung. Der unzuweckmäßig gewählte Elektrodendruck führte zu einer größeren Streuung der Scherkräfte der Verbindungen aus kaltverformten Blechen. Als Ergebnis der größeren Streuung infolge von Kaltverformung ist die die Punktfestigkeit erhöhende tatsächliche Wirkung der Kaltverformung um so geringer, je höher das Konfidenzniveau. Bei einem Konfidenzniveau von 99,95% wird die Bemessungsscherkraft durch die Kaltverformung praktisch nicht weiter erhöht.

Abb. 11 zeigt einen ähnlichen Fall, mit dem Unterschied, daß hier bei einem Konfidenzniveau von 99,95% die Bemessungsscherkraft in Abhängigkeit von der Kaltverformung bereits eine fallende Tendenz aufweist.

In Abb. 12 blieb die Streuung infolge des richtig gewählten Elektroden-drucks praktisch ständig und daher stimmt die Zunahme der zu verschiedenen Konfidenzniveaus gehörenden Bemessungsscherkräfte fast mit der Mittelwertzunahme überein. Unter solchen Verhältnissen ist also die Kaltverformung der Bleche auch für die Festigkeit der Punktschweißnähte günstig.

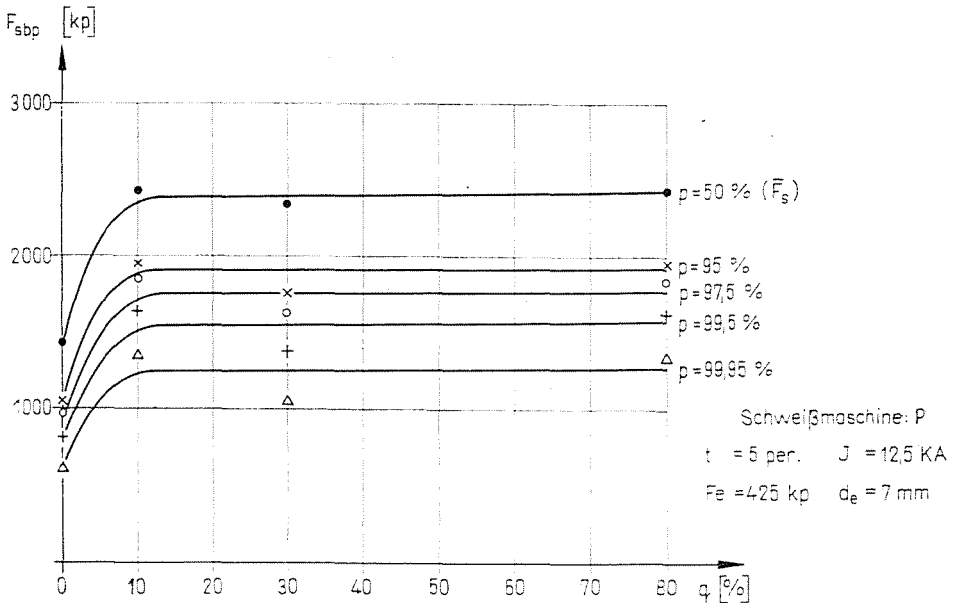


Abb. 12. Die Änderung der Bemessungsscherkräfte in Abhängigkeit vom Kaltverformungsgrad

Abb. 13, die — im Gegensatz zur vorigen — Ergebnisse enthält, die für in weicher Arbeitsweise hergestellte Verbindungen kennzeichnend sind, ist ähnlichen Charakters. Das ist auch die Folge des richtig gewählten Elektroden-druckes.

Durch die Abbildungen wird gut veranschaulicht, daß für die Gütebestimmung von punktgeschweißten Verbindungen der Mittelwert der Scherkräfte allein nicht genügt. Nimmt nämlich mit dem erhöhten Mittelwert auch die Streuung zu, so bleibt die aus Gründen der Sicherheit zulässige Scherkraftzunahme hinter der Zunahme des Mittelwertes zurück.

Aus dem Gesagten folgt, daß die gegenwärtige Bestimmung der optimalen Parameter nicht stichhaltig ist. Gegenwärtig werden die Punktschweißparameter für optimal gehalten, bei denen der Mittelwert der Scherkräfte maximal ist. Unserer Meinung nach sollten die Parameter für optimal gelten, bei denen die im Vorstehenden beschriebene Bemessungsscherkraft maximal ist. Bei der Wahl der Schweißparameter ist also auch die Wirkung derselben auf die Streuung unbedingt zu berücksichtigen.

In Abb. 14 sind Ergebnisse von Härteprüfungen an Schweißverbindungen ausgeführt in weicher sowie in harter Arbeitsweise dargestellt. Die Abbildung enthält die Härte der Wärmewirkungszone in Abhängigkeit von der Kaltverformung. Als Bezugswert ist in der Abbildung auch die Härte des Grundstoffes angegeben.

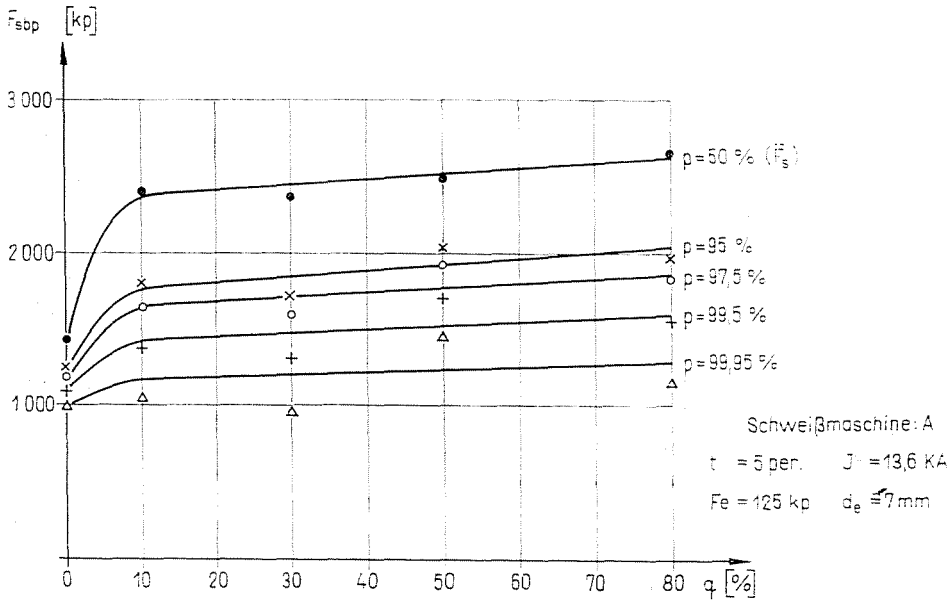


Abb. 13. Die Änderung der Bemessungsscherkräfte in Abhängigkeit vom Kaltverformungsgrad

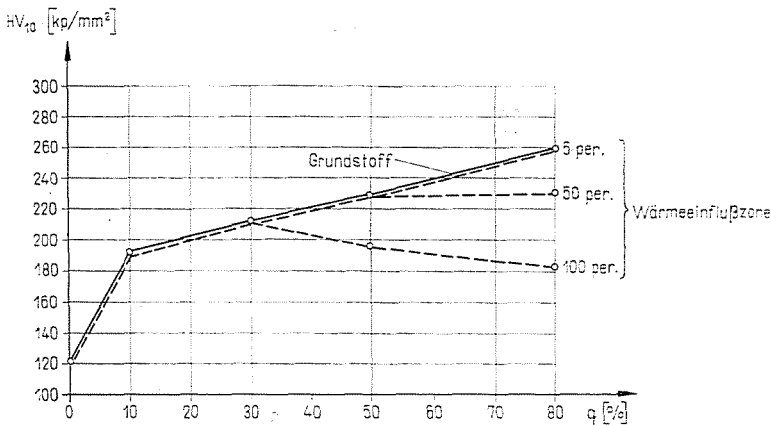


Abb. 14. Die Härte des Grundstoffes und der Wärmewirkungszone in Abhängigkeit von der Schweißzeit und dem Kaltverformungsgrad

Aus den Prüfungsergebnissen folgt, daß bei harten Arbeitsweisen die Härte der Wärmewirkungszone mit der Grundstoffhärte übereinstimmt, also keine Erweichung erfolgt.

Bei einer Anzahl der in weicher Arbeitsweise geschweißten Verbindungen wurde eine Härteverminderung in der Wärmewirkungszone beobachtet. Bei einer Schweißzeit von 50 Perioden wurden die Wärmewirkungszonen von 80prozentig kaltverformten Blechen, bei einer Schweißzeit von 100 Perioden auch schon von 50prozentig verformten Blechen erweicht. Es erfolgte jedoch selbst bei der Schweißzeit von 100 Perioden und bei einem Vervormungsgrad von 80% keine vollständige Erweichung.

Durch mikroskopische Untersuchung wurde festgestellt, daß in der Wärmewirkungszone eine Rekristallisation nur bei hohem Vervormungsgrad und einer weichen Arbeitsweise eintrat. Als Ergebnis der Rekristallisation entstand ein feinkörniges Gefüge.

Die Ergebnisse der Härteprüfungen und mikroskopischer Untersuchungen beweisen in gleicher Weise, daß in der Wärmewirkungszone von kaltverformten Blechen unter gewissen Bedingungen (hoher Vervormungsgrad und weiche Arbeitsweise) Erweichung und Rekristallisation erfolgen, die jedoch die Festigkeit der Verbindung nur unwesentlich beeinflussen.

Aus den vorigen Ausführungen geht hervor, daß bei Stahlblechen die Kaltverformung als Verfahren zur Erhöhung der Festigkeit bei der Punktschweißung sowohl für den Grundstoff als auch für die Punktnaht sich günstig anwenden läßt.

Diese Feststellung gilt — nach den Forschungsergebnissen — auch für Aluminiumbleche. Ein kaltverformtes Aluminiumblech kann jedoch beim Schweißen bei langsamer Wärmezufuhr dermaßen erweichen, daß die Festigkeit der Punktnaht auf die Festigkeit der Punktnaht aus ausgeglühten Blechen abnimmt.

Bei sog. Hüttenaluminiumblechen 99,5prozentiger Reinheit wurde durch 80prozentige Kaltverformung die Festigkeit des Grundstoffes etwa auf das Doppelte, die Festigkeit der bei einer Schweißzeit von 20 Perioden hergestellten Punktnaht um 30 bis 35% erhöht. Bei einer Schweißzeit von 50 Perioden nahm die Festigkeit der Punktnaht im Vergleich zur Festigkeit der Punktnaht aus Blechen in weichem Zustand nicht weiter zu.

Die Kaltverformung läßt sich also zur Festigkeitserhöhung für Aluminium in gleich günstiger Weise wie für Stahl verwenden, lediglich die Arbeitsweise bei der Ausführung der Schweißung muß genügend hart eingestellt werden; im entgegengesetzten Fall wirkt die Kaltverformung auf die Scherfestigkeit der Punktnaht nicht erhöhend und die Zahl der Punktnähte muß der Festigkeitszunahme des Grundstoffes entsprechend erhöht werden.

Zusammenfassung

Die Kaltverformung wird als Methode zur Festigkeitserhöhung seit langer Zeit benutzt. Mit ihrer Hilfe läßt sich eine bedeutende Festigkeitserhöhung erzielen. In der Praxis hat die erhöhte Festigkeit zahlreiche Vorteile. Mit der Änderung des Kaltverformungsgrades ändert sich selbstverständlich nicht nur die Festigkeit sondern auch die Plastizität des Werkstoffes. Da die Kaltverformung eine gut regelbare Technologie darstellt, gewährleistet sie — besonders für Bleche — die Herstellung eines Werkstoffes mit den zweckmäßigsten Eigenschaften.

Die durchgeführten Untersuchungen zeigten, daß sich die Kaltverformung für die Festigkeitserhöhung von dünnen Stahl- und Aluminiumblechen mit Punktschweißverbindungen günstig anwenden läßt.

Literatur

1. ZORKÓCZY, B.: Hegesztési anyagismeret. Mérnöki Továbbképző Intézet, Budapest, 1963.
2. ZORKÓCZY, B.: Hegesztéssel kapcsolatos vizsgálatok. Mérnöki Továbbképző Intézet, Budapest, 1963.
3. SUZUKI, H., TAMURA, R.: I. I. W. Doc. IX, 320—62 (1962).
4. VSM (Verein Schweizerischer Maschinenindustrieller) Norm.
5. Le soudage dans Le Mond, 1968, 2.
6. MARKÓ, J.: Csepeli Műszaki-Közgazdasági Szemle 4, (1968).
7. STARODUBOV, K. F.: Metallovedenie i Term. Obr. Metallov 7 (1965).
8. VERŐ, J., KÁLDOR, M.: Vasötvözetek fémtana. Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1966.
9. VERŐ, J.: Fémtan. Tankönyvkiadó, Budapest, 1969.
10. ZIAJA, GY.: Dissertation, Budapest, 1964.
11. BECKERT, M., FRANZ, U.: Schweißtechnik 7 (1963).
12. MAASS, H.: Schweißtechnik 8 (1957).
13. JACKWITZ, H., HOFFMANN, G.: Schiffbautechnik 5 (1957).
14. SALCHER, H.: Schweißtechnik 9 (1965).
15. VEIT, H. J.: Schweißen und Schneiden 3 (1968).
16. SCHMITHALS, P. U., SCHREIBER, D., EIDAMHAUS, P.: Der Stahlbau 1 (1965).
17. TRISEVSKIJ, I. S., KLEPANDA, V. V.: Svarochnoje Proizvodstvo 4 (1968).
18. VINCZE, J.: Matematikai statisztika ipari alkalmazásokkal. Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1968.
19. DIN 4115.
20. BAUER, F.: Dissertation, Budapest, 1971.

Ferenc BAUER, Budapest XI, Műegyetem rkp. 3, Ungarn