

Schweißgerechtes Konstruieren auch im Landmaschinenbau

Von Ing. H. THÖMKE, Leipzig

DK 621.791

Die Schweißtechnik ist nicht nur beim Bau von Landmaschinen von großer Bedeutung, weil sie die Leichtbauweise maßgeblich fördert und die Montagekosten senkt. Auch bei der Reparatur von Landmaschinen ist sie nicht zu entbehren, da viele Ersatzteile von Altmaschinen nicht bezuschaffen sind oder die jeweilige Arbeitsspitze eine Weiterarbeit der Maschinen ohne Verzug erfordert.

Konstrukteure und Reparateure werden deshalb die Ausführungen des Verfassers aufmerksam lesen und vielen Nutzen aus ihnen ziehen können.
Die Redaktion

Die Technisierung und Mechanisierung unserer Landwirtschaft ist ein ausschlaggebender Faktor für den weiteren schnellen Aufbau auf dem Lande. Unsere MTS und Produktionsgenossenschaften brauchen moderne und gut konstruierte landwirtschaftliche Maschinen und Geräte. Für die Brauchbarkeit solcher Geräte ist die Qualität des Materials von größter Bedeutung, doch nicht zuletzt muß auch der Konstrukteur einen erheblichen Anteil dazu beitragen, daß die Landmaschinenkonstruktionen den geforderten Bedingungen entsprechen.

Jeder Landmaschinenkonstrukteur weiß, welche außerordentlich großen Anforderungen an unsere Landmaschinen gestellt werden. Landmaschinen arbeiten immer im Staub und Schmutz, oftmals auf steinigten Feldern, verhärteten oder völlig schlammigen Böden. Ihr Weg geht oft über schlechteste Straßen und Wege. Sie sind fast täglich den Witterungseinflüssen ausgesetzt. Sonne und Regen, Wind und Hagel sowie Schnee und Eis wirken auf sie ein, und doch sollen sie absolut betriebssicher arbeiten, denn sie sind kampagnebedingte Maschinen. Jeder Tag, den sie nicht einsatzbereit sind, ist für die Landwirtschaft unwiderruflich verloren.

Die Anwendung der Schweißkonstruktion im Landmaschinenbau nimmt immer größer werdenden Umfang an, somit ist es notwendig, einmal über die Grundlagen der Schweißkonstruktion zu sprechen, damit unsere Landmaschinenkonstrukteure bei ihren Entwürfen auch auf die „schweißgerechte Konstruktion“ einen günstigen Einfluß ausüben können.

Das Zentralinstitut für Schweißtechnik in Halle führt laufend Qualifizierungslehrgänge auch für unsere Konstrukteure durch, auf denen schweißgerechte Konstruktionen mit verschiedenen Rechenbeispielen durchgearbeitet werden.

Nachfolgende Tafeln und Skizzen werden unseren Landmaschinenkonstrukteuren ein Helfer bei ihren zukünftigen Konstruktionen sein.

Die für Schweißungen verwendeten Stähle sollen folgende Legierungsbestandteile nicht überschreiten.

| C _{max} | C + Cr | C + Mo | C + V | C + Mn | C + Ni | Cu | P + S | Σ C + Cr + Mo + V |
|------------------|--------|--------|-------|--------|--------|------|-------|-------------------|
| 0,25% | 0,35% | 0,50% | 0,40% | 1,4% | 3,0% | 0,8% | 0,1% | 0,8% |

Wenn diese Legierungszusammensetzungen eingehalten sind, so können die Stähle bis 30 mm Dicke ohne besondere Maßnahmen gut geschweißt werden. Wenn der Konstrukteur dickeres Material in seinen Schweißkonstruktionen verarbeitet, so sollte er dieses auf 200° C vorwärmen lassen, damit die notwendige Wärmemenge hineingebracht wird. Grundsätzlich soll der Konstrukteur auf seinen Zeichnungen genau festlegen, was für die Durchführung der Schweißung notwendig ist.

Wenn eine Schweißkonstruktion eine nachträgliche Wärmebehandlung erfordert und der Konstrukteur ordnet ein „Entspannungsglüh“ an, so sollte dann vom Glühverlauf auch ein Glühdigramm angefertigt werden. Das Entspannungsglüh erfolgt bei einer Temperatur von 600 bis 650° C. Die Konstruktionsteile werden bei einer Temperatur von 150° C eingebracht, sodann langsam aufheizen. Glühzeit 5 Minuten je Millimeter Wanddicke, mindestens aber eine Stunde, alsdann wieder langsam abkühlen bis 100° C. Die Glüherteile müssen vor Zugluft geschützt werden. Dieses Entspannungsglüh ordnet der Konstrukteur an, wenn durch die Schrumpfspannungen ein Verziehen der Schweißteile zu erwarten ist, oder wenn durch Anhäufung von Schweißnähten Spannungsspitzen entstehen, durch die die dynamische Festigkeit des Bauteiles gefährdet wird. Es ist nicht ratsam, daß der Konstrukteur ein „Normalglüh“ anordnet, da dieses sehr umständlich durchzuführen ist. Bei diesem Verfahren genügt es nicht, wenn man nur einen Teil des Werkstückes glüht, vielmehr muß das ganze Werkstück geglüht werden.

Das Normalglüh gibt alle Spannungen frei, man erreicht ein feines Korn und ein gutes Gefüge. Die Glühertemperatur muß 10° C über dem A-3-Punkt des Eisenkohlenstoff-Diagramms liegen. Die Glühzeit beträgt eine Minute je ein Millimeter Wanddicke, doch mindestens 20 Minuten. Es ist heute auch nur noch im Kesselbau notwendig.

Stähle mit der Schweißbarkeit „gut“ können bis 30 mm Dicke ohne Beachtung besonderer Vorsichtsmaßnahmen mit allen normalen Schweißverfahren geschweißt werden. Bei Profilen über 30 mm Dicke müssen die Witterungsverhältnisse berücksichtigt werden. Stähle, die mit Vorwärme zu schweißen sind, werden vorwiegend mit der Elektrode Kb geschweißt. Vorwärmtemperatur 200° C. Schwierig zu schweißende Stähle

Zusammenstellung der Schweißigenschaften der Bau- und Maschinenbaustähle

| Stahlart und Verwendungszweck | Bezeichnungen | | Zusammensetzung des Stahls | | | | | | Schweißigenschaft | | | | Schweißbarkeit |
|-------------------------------------|------------------------|------------------|---|-----------|-----------|-------|---------|----------|-------------------|--------|--------|-------|---------------------|
| | nach DIN | nach Stahlmarken | C | Si | Mn | P + S | Cr | V | C _{max} | C + Mn | C + Cr | C + V | |
| Maschinenbaustahl unlegiert | St. 00.11 St. 37.11 | — | ohne Vorschriften für die Zusammensetzung | | | | | | | | | | nicht gewährleistet |
| Formstähle Profile | St. 42.11 | Mb 22 | 0,25 | 0,30 | 0,30 | 0,10 | | | 0,25 | 0,65 | | | gut |
| | St. 37.12 | Mb 13 | 0,20 | 0,30 | 0,30 | 0,10 | | | 0,20 | 0,60 | | | gut |
| | | TS | 0,16 | Spuren | 0,30 | 0,10 | | | 0,16 | 0,50 | | | gut |
| | St. 42.12 | Mb 22 | 0,10-0,28 | 0,30 | 0,30 | 0,10 | | | 0,28 | 0,68 | | | gut bis 30 mm |
| | | TS | 0,18 | Spuren | 0,30 | 0,10 | | | 0,18 | 0,58 | | | gut |
| Wellenkupplungs- und Maschinenteile | St. 50.11 | M 33 | 0,28-0,38 | 0,30-0,50 | 0,40-0,60 | 0,10 | | | 0,38 | 0,88 | | | vorwärmen |
| | St. 60.11 | M 44 | 0,40-0,50 | 0,30-0,50 | 0,45-0,65 | 0,10 | | | 0,50 | 1,00 | | | vorwärmen |
| | St. 70.11 | M 59 | 0,53-0,66 | 0,30-0,50 | 0,50-0,70 | 0,10 | | | 0,65 | 1,15 | | | vorwärmen |
| Legierte Bau- und Einsatzstähle | St. 16.01 | C 15 | 0,11-0,18 | 0,15-0,40 | 0,20-0,40 | 0,04 | | | 0,18 | 0,58 | | | gut |
| | EC 00 | Cr 3 | 0,12-0,18 | 0,40 | 0,40-0,60 | 0,07 | 0,5-0,8 | | 0,18 | 0,78 | 0,08 | | schwierig |
| | EC 80 | 16 MnCr 5 | 0,14-0,19 | 0,40 | 1,0-1,30 | 0,07 | 0,8-1,1 | | 0,19 | 1,50 | 1,20 | | schwierig |
| | EC 100 | 20 MnCr 5 | 0,17-0,22 | 0,40 | 1,1-1,4 | 0,07 | 1,0-1,3 | | 0,22 | 1,62 | 1,52 | | schwierig |
| Vergütungsstahl | VC 135 | 34 Cr 4 | 0,30-0,37 | 0,35 | 0,80 | 0,07 | 0,9-1,2 | | 0,37 | 1,27 | 1,57 | | schwierig |
| | VCV 150 | 50 CrV 4 | 0,47-0,55 | 0,40 | 1,00 | 0,07 | 0,9-1,2 | 0,1-0,18 | 0,55 | 1,55 | 1,75 | 0,73 | schwierig |
| | 58 CrV 4 | 58 CrV 4 | 0,55-0,62 | 0,40 | 1,10 | 0,07 | 0,9-1,2 | 0,1-0,18 | 0,62 | 1,72 | 1,82 | 0,80 | schwierig |

erfordern besondere Maßnahmen beim Vorwärmen, bei der Auswahl der richtigen Elektrode und bei der in der Regel erforderlichen Glühbehandlung nach dem Schweißen. Wertvolle Hinweise sind dafür enthalten in dem Buch:

„Technische Baustähle“, von Dr. Künzler, Biegler und Hilger. Verlag: Wilhelm Knapp, Halle.

Die Eigenschaften der Elektroden

Die Verwendung der Elektrode wie auch die Eigenschaften derselben richten sich danach, ob eine hochwertige oder weniger hochwertige Schweißung durchgeführt werden soll. Das Durcheinander auf dem Elektrodenmarkt ist heute durch die Normung, wobei auch die Kammer der Technik einen verdienstvollen Anteil hat, beseitigt.

Typ „Null“

Eine nackte Elektrode; das Schweißgut dieser Elektrode weist ausreichende Festigkeit auf, die Verformungsfähigkeit ist gering ($N_2 + O_2$), die Kerbschlagzähigkeit ist noch geringer, und die Schmiedbarkeit ist infolge hohen O_2 -Gehaltes nicht garantiert.

Typ „Null Null“

Dieses ist eine Seelenelektrode, sie wurde mit einer Seelenlegierung hergestellt, um beim Schweißen eine Schlacke zu erhalten, die das Herankommen von O und N verhinderte. Sie gibt eine rißfeste Schweißung. Die Kerbschlagzähigkeit ist besser als bei dem Typ „Null“.

Typ „LS“

Eine ummantelte Elektrode; die Schutzhülle hat die Aufgabe, den Lichtbogen zu stabilisieren, nicht etwa den Zutritt von O und N zu verhindern. Also sind die Eigenschaften ähnlich wie bei dem Typ „Null“.

Typ „Ti“

Sie ist eine Titandioxyd-Elektrode, Lichtbogen stabilisierend, hat eine gute Kerbschlagzähigkeit und eine Festigkeit wie der Stahl. Konstruktionsteile, die eine Glühbehandlung erfordern, sind *nicht* mit der Ti 13 zu schweißen, da dann die Eigenschaften ungünstiger werden. Die Ti 18 bietet als dickumhüllte Elektrode eine gute Schutzhülle gegen äußere Einflüsse, daher gut für Verwendungen im Kesselbau.

Typ „Es“

Erzsaure Typ, eine Elektrode hoher Güte, das Schweißen ist in verschiedenen Lagen möglich.

mittel = normale Elektrode

stark = Kesselelektrode

sehr stark = Schnellflußelektrode

Typ „Kb“

Kalkbasischer Typ. Ihre Umhüllung bietet absoluten Schutz gegen äußere Einflüsse. Hat gute Festigkeitswerte, gute Kerbschlagzähigkeit, gute Dauerfestigkeit, gute Biegewinkel und gibt ein hochwertiges Schweißgut.

Typ „Ze“

Zellulose-Elektrode. Ihre Umhüllung enthält Zellstoff, der bei der Verbrennung starke Dämpfe und Gerüche entwickelt. Ihre Verwendung wird daher vom Schweißer abgelehnt, und es müssen die Probleme des Gasabsaugens besonders gelöst werden.

Sonder Elektroden

Vom Typ Es und Ze sind einige Tiefeinbrandelektroden entwickelt worden, doch man wendet sie nur dort an, wo die Schweißqualität sehr gut sein muß.

Die Auswahl der Elektroden

Die Auswahl der Elektroden erfolgt nach konstruktiven Gesichtspunkten. Man teilt hierbei die Schweißungen je nach ihren Beanspruchungen in verschiedene Gruppen.

Gruppe I

Hohe Werkstofffestigkeit, gute Verformung, gute Kerbschlagzähigkeit, Kessel- und Druckbehälterbau, Stumpfnaht, Güteklasse und Stahlhochbau.

Festigkeit = $0,95 \cdot$ Werkstofffestigkeit

Biegewinkel = bis 180°

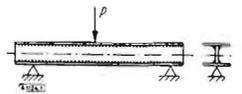
Biegelänge = bis 40 mm

Kerbschlagzähigkeit über 8 mkg/cm^2 .

Gruppe II

Zu dieser Gruppe gehören Schweißungen, die bei der Belastung der Konstruktion die gleichen Beanspruchungen erfahren wie die des Bauteiles, also die gleiche Verformung aufweisen, z. B. geschweißte I-Träger.

Die Gruppen I und II gelten vorwiegend für dynamische Beanspruchungen.



Gruppe III

Die Gruppe III umfaßt vorwiegend statisch beanspruchte Bauteile.



Gruppe IV

Zu dieser Gruppe zählen alle Schweißungen ohne wesentliche Beanspruchungen.

Als Elektrode verwendet man für die Gruppe

I: Es; Kb; Ti.

II: Ti; Es; Kb; Ze.

III: Ti; Ls; Null Null; Null.

IV: Null; Null Null; Ls.

Bei der Auswahl der Elektroden ist es notwendig, sich auch nach dem verschweißten Werkstoff zu richten (siehe Kjellberg-Schweißweiser). Die normalen gut schweißbaren Stähle bis zur Festigkeit von St. 52 in schweißbarer Qualität können mit den Elektrodentypen ab Ti geschweißt werden.

Schwierig-schweißbare Stähle ab St. 50.11 werden ausschließlich mit der Elektrode des Kb-Typs geschweißt.

Der Konstrukteur soll auf seinen Zeichnungen die zu verwendende Elektrode nach dem Typ bezeichnen, besonders bei Schweißungen der Gruppe I und II.

Die Vorbereitung der Schweißnähte

Eines der wichtigsten Kapitel beim Schweißen ist die Nahtvorbereitung. Sie muß sorgfältig und richtig durchgeführt werden, wenn die Schweißung Erfolg haben soll.

Die Bördelnaht

Anwendung bei Blechen bis 2 mm Dicke. Das Werkstück muß gut eingespannt sein, dann unten heften und oben durchgehend schweißen.



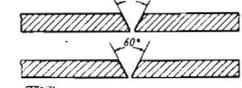
Der Stumpfstoß

Die Stumpfstoßnaht bis 5 mm bereitet in der Ausführung erhebliche Schwierigkeiten. Wird der volle Querschnitt als tragend benötigt, dann sind besondere Schweißvorrichtungen erforderlich. Freiaufliegende Bleche sollten schon von 3 mm ab doppelseitig geschweißt werden.



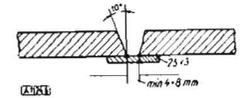
Die V-Naht

Im allgemeinen wird die V-Naht spitz angeschrägt, besonders wenn Bleche größerer Abmessungen zu schweißen sind. Wird bei maßhaltigen Konstruktionen eine mechanische Bearbeitung vorgesehen, dann ist es zweckmäßig, bis 10 mm eine Schulter von 1 mm, über 10 mm eine Schulter von 2 mm vorzusehen.



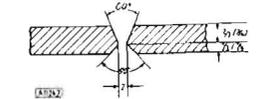
Die Steilkantenschweißung

Die Steilkantenschweißung wendet man bei dickeren Blechen an (ab 15 mm Dicke).



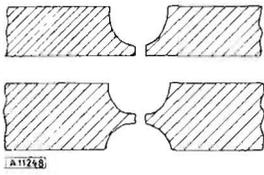
Die X-Naht

Richtig ist es, die Maße mit $\frac{2}{3}$ und $\frac{1}{3}$ anzuordnen, doch je nach der Zugänglichkeit kann man sie auch $\frac{3}{4}$ und $\frac{1}{4}$ machen. Falsch ist es jedoch, wenn man die Naht $\frac{1}{2}$ und $\frac{1}{2}$ vorbereitet.

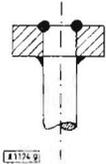


Die U-Naht

Bei dickwandigen Schweißungen wendet man die U-Naht bzw. die Doppel-U-Naht an. Bei Blechdicken über 40 mm müssen bei hochwertigen Schweißungen praktische Versuche mit der vorgesehenen Nahtform, den zur Verwendung kommenden Elektroden und der vorgesehenen Verfahren der Vorwärmung, Glühung usw. durchgeführt werden. Als Maßstab für die Güte dient der Biegewinkel am vollen Blechquerschnitt.

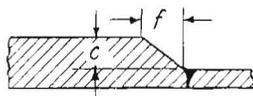


Das Zusammenschweißen von Drehteilen



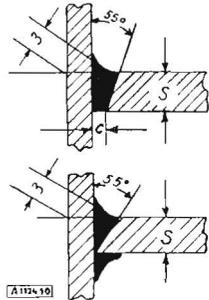
Alle Drehteile grundsätzlich mit U-Naht ausführen; es ist so eine bis auf den Grund einwandfreie Schweißung möglich.

Verbindungen dicker mit dünnen Blechen



Um einen günstigen und nicht so sehr stauchenden Übergang zu haben, schrägt man den Übergang nach folgender Formel ab: $f = 3 \cdot c$.

Der T-Stoß

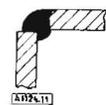


$s < 5 \text{ mm}; c = 2 \text{ mm}$
 $s > 5 \text{ mm}; c = 3 \text{ mm}$

Diese Ausführung, wenn von unten nachgeschweißt werden kann.

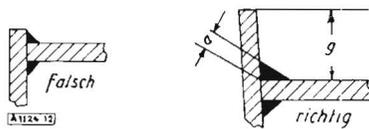
$s = 4 - 7 \text{ mm}$.

Die Ecknaht



Die auftretenden Wurzelspannungen werden durch Gegennaht wieder beseitigt.

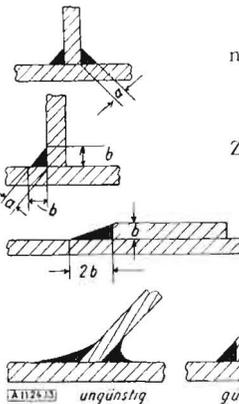
Der Überstand



Tafel für den Überstand l bei verschiedenen Nahthöhen

| | | | | | | | | | | | |
|--------|---|---|---|----|----|----|----|----|----|----|----|
| a [mm] | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 10 | 12 | 14 | 16 |
| g [mm] | 5 | 6 | 9 | 10 | 12 | 13 | 14 | 17 | 20 | 23 | 25 |

Die Kehlnähte



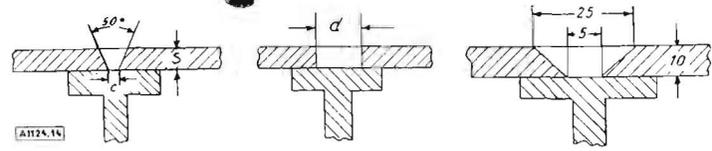
Die Schweißnahthöhe a richtet sich nach der Beanspruchung.

Bei normaler Beanspruchung, d. h. Zug-, Druck- und Scherkräfte.

Ausführung bei aufgeschweißten Lamellen, d. h. quer zur Krafftrichtung.

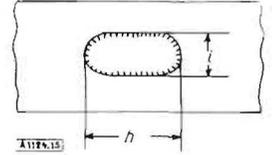
Der Konstrukteur muß die Schweißverbindung möglichst günstig gestalten.

Die Lochschweißung



s [mm] 6 6-8 über 8 $d = 3 \cdot s$
 c [mm] $\varnothing 4$ $\varnothing 5$ $\varnothing 6$

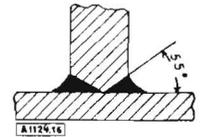
| s | h | i |
|-------|----|----|
| 4-6 | 40 | 20 |
| 6-10 | 50 | 25 |
| 10-15 | 60 | 30 |
| 15-20 | 70 | 35 |
| 20-25 | 80 | 40 |
| 25-30 | 90 | 45 |



Die Lochschweißung wird angewandt bei übereinanderliegenden Gurtplatten. Grundsätzlich sollte man wegen der schwierigen Ausführung davon absehen und andere Verbindungsformen suchen.

Die K-Naht

Diese Naht ist umständlich auszuführen, sie bedarf daher besonderer Sorgfalt und wird somit wenig angewandt.



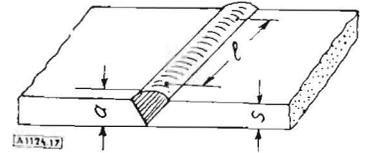
Berechnung von Stumpfstoßen

F_s = Fläche der Schweißung

$F_s = a \cdot l$

$P = F \cdot \sigma$

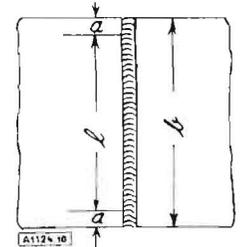
$a = s$ immer! d. h. der Blechquerschnitt wird immer als tragend angesehen.



Die Länge der Schweißbraupe

$l = b - 2 \cdot a$

Da der Anfang und das Ende schlecht verschweißt sind, zieht man an beiden Enden jeweils die Länge a ab.



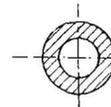
Fläche der Schweißung an Profilen



$F_s = F_T - 2 a^2$



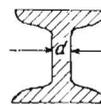
$F_s = F_T - 3 a^2$



$F_s = F$



$F_s = F_T - 4 a^2$



$F_s = F_T - 4 d^2$

Um aber beim geschweißten Stoß das Profil auch voll auszunützen, ist es zweckmäßig, die Kraterenden der Schweißnaht herauszuziehen. Zu diesem Zweck werden beiderseits Formbleche angelegt, von denen das Kraterende aufgenommen wird. Die Ansatzstellen müssen entweder mechanisch oder mit dem Schneidbrenner abgetrennt werden. Brennschnitte müssen zusätzlich überschleift werden. (Schluß im Septemberheft)