

5

Verfahren zur Herstellung einer Schraube und Schraube

- 10 Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Herstellung einer Schraube nach dem Oberbegriff des Anspruchs 1, sowie eine Schraube zur Direktverschraubung nach dem Oberbegriff des Anspruchs 5.

- Die EP 3 276 189 A1 beschreibt eine Schraube, die über den Schraubenschaft im Randbereich ein gegenüber dem Schraubenkern weiches bainitisches Gefüge aufweist. Die DE 10 2017 101 931 A1
15 offenbart eine Schraube mit einem bainitischen Gefüge, das in axialer Richtung in der Spitze ein bainitisches Gefüge mit einer geringeren Härte als in einem in Richtung des Kopfes liegenden Mittelbereich aufweist.

- Die DE 10 2010 055 210 A1 offenbart ein Verfahren zur Herstellung einer Schraube mit einer zweifach
20 gehärteten Spitze, die einen höheren Kohlenstoffanteil aufweist als ihr angelassener martensitischer Schaftbereich. Dies hat zur Folge, dass der Schaft mit dem Haltebereich des Gewindes eine geringere Neigung zur Wasserstoffversprödung aufweist als die gehärtete Spitze. Dazu wird die Spitze einer niedrig legierten Kohlenstoffschraube partiell aufgekühlt, die gesamte Schraube angelassen und anschließend die Spitze nochmals lokal gehärtet.

25

Dieses Verfahren ist aufgrund des partiellen Aufkühlens der Schraube kompliziert und kostenintensiv.

- Es ist Aufgabe der Erfindung, ein schnelleres bzw. ein effizienteres Verfahren zur Herstellung einer Schraube anzugeben, bei der eine Spitze mit besonders großer Härte realisierbar ist, dennoch aber der
30 Schaft mit seinem Kopf und Haltebereich eine geringere Härte aufweist und vergleichsweise weniger anfällig für eine Wasserstoffversprödung ist. Unter Spitze im Sinne der Erfindung wird ein vorderer Bereich der Schraube verstanden, der sich vom vordersten Ende der Schraube in Richtung des Kopfes erstreckt. Bevorzugt ist dies ein Bereich, der dafür ausgelegt ist, ein Muttergewinde in ein Mutterteil, insbesondere aus härtesten metallischen Werkstoffen, zu furchen.

Die erfindungsgemäße Schraube wird hergestellt, indem eine Schraube aus einem Draht aus niedrig legiertem Kohlenstoffstahl, der insbesondere einen Legierungsanteil von weniger als 3% Anteil von Legierungsstoffen aufweist, geformt wird. Bei der Herstellung der Schraube wird das Gewinde
5 aufgewalzt. Als Schraubendraht wird bevorzugt 23MnB4 oder 38B2 eingesetzt.

Die Schraube wird dann auf eine Austenitisierungstemperatur erwärmt, wobei die Austenitisierungstemperatur eine Temperatur ist, bei der sich der jeweilige Draht-Werkstoff im Austenit-Phasenfeld seines ZTU-Schaubilds befindet. Die Austenitisierungstemperatur ist insbesondere größer als die A₃-
10 Temperatur des Draht-Werkstoffs.

Nach dem Erwärmen auf die Austenitisierungstemperatur wird die Schraube auf eine Bainitisierungstemperatur abgeschreckt, auf der sie solange gehalten wird, bis die Schraube, insbesondere im Schaft über ihren Querschnitt, ein bainithaltiges Gefüge aufweist. Die
15 Bainitisierungstemperatur ist eine Temperatur, bei der sich der Draht-Werkstoff im Bainit-Phasenfeld befindet. Die Abschreckdauer ist insbesondere so gewählt, dass sowohl eine Ferrit- als auch eine Perlitbildung während des Abschreckvorgangs unterbunden werden. Das Abschrecken erfolgt insbesondere, indem die Schrauben in eine auf Bainitisierungstemperatur befindliche Salzschnmelze getaucht werden. Ein bainithaltiges Gefüge liegt vor, wenn ein betrachteter Gefügeausschnitt einen
20 signifikant messbaren Bainitanteil von insbesondere mehr als 25% aufweist. Ein Gefügeausschnitt weist bevorzugt eine Größe von 0,05 mm² auf.

Die Gesamtfläche der Gefügeausschnitte mit einem Bainitanteil von mehr als 25% ergibt in der erfindungsgemäßen Schraube insbesondere einen Flächenanteil von mehr als 80% der
25 Querschnittsfläche der Schraube.

Erfindungsgemäß wird die Schraube, nachdem sie eine definierte Zeitspanne auf Bainitisierungstemperatur gehalten wurde, unter die Martensitstarttemperatur, insbesondere auf Raumtemperatur, abgekühlt, wonach anschließend die Spitze der Schraube wieder lokal auf eine
30 Austenitisierungstemperatur erwärmt wird. Wenigstens die Spitze der Schraube wird dann anschließend wieder auf unter Martensitstarttemperatur abgeschreckt, wobei die Abschreckdauer so gewählt ist, dass eine Ferrit-, Perlit- und Bainit-Bildung weitestgehend unterbunden wird.

Dadurch wird die Spitze insbesondere in der Randzone nochmals lokal gehärtet, wodurch eine ultraharte Spitze zur Verfügung gestellt werden kann.

5 Auf diese Weise weist eine erfindungsgemäß hergestellte Schraube eine geringe Neigung zur Wasserstoffversprödung im Schaft auf, kann aber dennoch eine ultraharte Spitze besitzen.

Gemäß einer bevorzugten Ausgestaltung kann die Erwärmung der Schraube auf Austenitisierungstemperatur, bevor die Schraube auf eine Bainitisierungstemperatur abgeschreckt wird, in einer Kohlenstoffatmosphäre erfolgen, die einen Kohlenstoffanteil aufweist, der höher als der
10 Kohlenstoffanteil in der Schraube ist, so dass sich in der Randzone der Schraube eine Schicht mit höherem Kohlenstoffanteil als im Kern bildet, so dass sich in der Randzone der Schraube ein Kohlenstoffanteil ergibt, der wenigstens um 0,2% größer ist als im Kernbereich der Schraube. Alternativ dazu kann ein sogenanntes Nitrieren der Schraube analog erfolgen. Dies ist insbesondere für Drahtwerkstoffe, die einen Kohlenstoffanteil von weniger als 0,4% aufweisen, sinnvoll.

15 Dieser Vorgang, bei dem der Kohlenstoff- oder Stickstoffeintrag in die Schraube bei Austenitisierungstemperatur erfolgt, woraufhin anschließend ein Abschrecken auf Bainitisierungstemperatur folgt, wird im Folgenden als Einsatzbainitisieren bezeichnet. Ein so hergestelltes Gefüge wird als einsatzbainitisches Gefüge bezeichnet.

20 So kann die so gefertigte Schraube im Schaft und Kopfbereich, insbesondere in der Randzone, ein einsatzbainitisches Gefüge und in der Spitze, insbesondere in der Randzone der Spitze, ein ultrahartes martensitisches Gefüge aufweisen. Die Randzone weist insbesondere einen Kohlenstoffanteil von 0,6% bis 1,5% auf.

25 Für die Direktverschraubung weist die erfindungsgemäße Schraube dadurch sowohl eine große Härte in der Spitze als auch eine große Zähigkeit im Schaft auf, der zudem eine geringe Neigung zur Wasserstoffversprödung zeigt.

30 Gemäß einer weiteren Ausgestaltung kann die Schraube nach der Einsatzbainitisierung und nach der Härtung der Spitze angelassen werden.

Bevorzugt kann der Anlassvorgang zusammen mit einem Beschichtungsvorgang erfolgen. Insbesondere kann die Beschichtung eine Zinklamellenbeschichtung sein.

Die Erfindung betrifft in einem weiteren Aspekt eine Schraube mit einem den Kopf umfassenden Schaft und einer das gegenüberliegende Ende der Schraube umfassenden Spitze, wobei der Schaft über seinen Querschnitt ein im Wesentlichen bainitisches Gefüge aufweist und erfindungsgemäß die

5 Schraube eine Spitze mit einer martensitischen Randzone aufweist.

Die Randzone besitzt insbesondere einen höheren Kohlenstoffanteil als der Kern, wobei der Konzentrationsunterschied wenigstens 0,2% beträgt.

10 Der Schaft kann im Kern ein im Wesentlichen angelassenes bainitisches Gefüge und in der Randzone ein angelassenes Gefüge mit einem höheren Kohlenstoffanteil als im Kern aufweisen. Die Spitze kann wenigstens im Randbereich ein angelassenes gehärtetes martensitisches Gefüge aufweisen.

Die erfindungsgemäße Schraube ist bevorzugt nach dem vorangehend beschriebenen Verfahren

15 hergestellt.

Weitere Vorteile, Merkmale und Anwendungsmöglichkeiten der vorliegenden Erfindung ergeben sich aus der nachfolgenden Beschreibung in Verbindung mit den in den Zeichnungen dargestellten Ausführungsbeispielen.

20

In der Zeichnung bedeutet:

Fig. 1 eine schematische Schnittansicht einer unter Walzen des Gewindes hergestellten Schraube aus niedrig legiertem Kohlenstoffstahl;

25

Fig. 2 eine schematische Schnittansicht der Schraube nach der Einsatzbainitisierung;

Fig. 3 eine schematische Schnittansicht der Schraube nach der lokalen Einsatzvergütung der Spitze, und

30

Fig. 4 ein schematisches Temperatur-Zeit-Diagramm des erfindungsgemäßen Verfahrens der Herstellung der Schraube und Einsatzvergütens der Spitze.

Fig. 1 zeigt nach einem Verfahrensschritt eine schematische Schnittansicht einer gewalzten Schraube 10 aus herkömmlichem Schraubenstahl. Die Schraube weist einen den Kopf umfassenden Schaft 20 und einen in Axialrichtung gegenüber dem Kopf angeordneten freien Schraubenende liegenden Teil auf, der vorliegend als Spitze 22 bezeichnet ist. Die erfindungsgemäße Schraube wird hergestellt, indem in einem Verfahrensschritt die Schraube aus einem Schraubendraht aus niedrig legiertem Kohlenstoffstahl, der einen Legierungsanteil von weniger als 3% an Legierungsstoffen aufweist, geformt wird. Bei der Herstellung der Schraube wird insbesondere das Gewinde aufgewalzt. Als Schraubendraht wird bevorzugt 23MnB4 eingesetzt. Ein solcher Stahl kann in einem Walzprozess gut verarbeitet werden.

Fig. 2 zeigt eine schematische Schnittansicht der Schraube 10.

Die Schraube 10 wurde zum Erreichen des in Fig. 2 gezeigten Zustands in einer Kohlenstoff-Atmosphäre, die einen größeren Kohlenstoffanteil als die Schraube 10 aufweist, auf Austenitisierungstemperatur erwärmt und der Kohlenstoff-Atmosphäre so lange ausgesetzt, bis in der Randzone 12 des Schafts und in der Randzone 18 der Spitze der Schraube 10 ein Kohlenstoffanteil erreicht wurde, der um wenigstens 0,2% größer ist als im Kern der Schraube, und der insbesondere zwischen 0,6% und 1,5% liegt. Die Randzone 12 und die Randzone 18 sind in der vorliegenden Darstellung nur schematisch abgebildet und können in ihrer Tiefe variieren. Alternativ oder zusätzlich zum Aufkohlen kann auch ein Nitrieren analog stattfinden.

Nach Erreichen der gewünschten Kohlenstoffsättigung in der Randzone 12 und der Randzone 18 wird die Schraube 10 insbesondere in einer Salzschieme auf eine Bainitisierungstemperatur abgeschreckt, wobei die Bainitisierungstemperatur über der Martensitstarttemperatur M_s liegt. Die Schraube wird so lange auf Bainitisierungstemperatur gehalten, bis der Schaft über seine Querschnittsfläche im Wesentlichen ein bainitisches Gefüge 14 aufweist. Die Schraube 10, gemäß Fig. 2, weist in der Randschicht 12 und in der Randschicht 18 einen höheren Kohlenstoffanteil als der Kern auf. Ein im Wesentlichen bainitisches Gefüge bedeutet, dass wenigstens 80% der Querschnittsfläche ein bainitisches Gefüge aufweisen. Vereinzelt können auch andere Gefügestrukturen vorliegen.

Fig. 3 zeigt eine schematische Schnittansicht einer erfindungsgemäßen Schraube 10, bei der die Spitze 22 der Schraube nochmals lokal auf eine Austenitisierungstemperatur erwärmt wurde und anschließend zur Martensitbildung auf eine Temperatur unter der Martensitstarttemperatur M_s abgekühlt wurde, so dass in der Spitze 22, insbesondere in der Randschicht 18, ein gehärtetes martensitisches Gefüge 16

mit einem Kohlenstoffanteil von ca. 1% vorliegt. Dadurch kann eine ultraharte Spitze geschaffen werden.

Fig. 4 zeigt ein schematisches Temperatur-Zeit-Diagramm des erfindungsgemäßen

- 5 Herstellungsverfahrens. Die Schraube wird zuerst auf eine Austenitisierungstemperatur erwärmt, die über der A_3 Temperatur liegt. Weist der Draht-Werkstoff keinen ausreichenden Kohlenstoffgehalt von 0,6% bis 1,5% auf, kann dies in einer Kohlenstoff-anreichernden Atmosphäre erfolgen. Der Kohlenstoffanteil der Atmosphäre weist dabei eine höhere Kohlenstoffkonzentration als der Drahtwerkstoff auf, so dass während des Erwärmens Kohlenstoff von der Kohlenstoffatmosphäre in die
- 10 Randzone der Schraube eindiffundiert.

Anschließend wird die Schraube auf eine Bainitisierungstemperatur abgeschreckt. Die Bainitisierungstemperatur ist die Temperatur, bei der sich der Draht-Werkstoff im Bainit-Phasenfeld seines ZTU-Diagramms befindet. Die Abschreckdauer ist so gewählt, dass sowohl eine Ferrit- als auch

15 eine Perlitbildung während des Abschreckvorgangs unterbunden ist. Die Schraube wird so lange auf Bainitisierungstemperatur gehalten, bis wesentliche Teile des Querschnitts der Schraube ein Bainitgefüge aufweisen. Anschließend wird die Schraube auf Raumtemperatur abgekühlt.

- Nachdem die entsprechend hergestellte Schraube auf Raumtemperatur RT abgekühlt wurde, wird die
- 20 Spitze lokal wieder auf Austenitisierungstemperatur erwärmt und anschließend wieder unter die Martensitstarttemperatur M_s abgeschreckt, so dass ein martensitisches Gefüge wenigstens in der Randzone der Spitze entsteht.