



(12) Wirtschaftspatent

Erteilt gemäß § 18 Absatz 2 Patentgesetz

(19) **DD** (11) **225 598 A3**

4(51) C 22 C 38/60

AMT FÜR ERFINDUNGS- UND PATENTWESEN

(21)	WP C 22 C / 247 609 2	(22)	01.02.83	(45)	31.07.85
------	-----------------------	------	----------	------	----------

(71) VEB Maxhütte Unterwellenborn, 6806 Unterwellenborn, DD

(72) Finger, Ulrich, Dr. rer. nat.; Reh, Burkhard, Dr.-Ing.; Ludewig, Volker, Dipl.-Ing.; Schultz, Walter, Dipl.-Ing.; Voigt, Werner, Dipl.-Ing.; Blech, Reinhard, Dipl.-Ing.; Priesnitz, Klaus; Bachstein, Heinz; Möller, Peter, Dipl.-Ing., DD

(54) Rückgeschwefelte Automatenstähle mit Wismut und modifizierenden Legierungselementen

(57) Die Erfindung betrifft rückgeschwefelte Automatenstähle mit Wismut und modifizierenden Legierungselementen, insbesondere vorwiegend Bor, Barium und Kalzium. Die erfindungsgemäßen Stähle dienen in der spangebenden Fertigung der metallverarbeitenden Industrie zur effektiven Herstellung von Präzisionsteilen. Es handelt sich dabei je nach Kohlenstoffgehalt und Desoxydationsart um halbberuhigte Weichautomatenstähle, Einsatz-, Vergütungs- oder Triebstähle. Durch die abgestimmte Kombination des Legierens von Wismut und modifizierenden Legierungselementen wird die Zerspanbarkeit gegenüber den herkömmlichen Wismut-, Blei- und Tellur-Stählen verbessert, der Aufwand für Legierungsmittel verringert und das Auftreten von toxischen Stäuben oder Dämpfen bei der Herstellung, wie z. B. bei Verwendung von Tellur und Blei, von vornherein ausgeschlossen. Die modifizierenden Legierungselemente werden zur Desoxydation und als Sulfidbildner eingesetzt. Die erfindungsgemäßen Stähle weisen dadurch und infolge des Legierens mit Wismut niedrige spezifische Schnittkräfte, geringen Werkzeugverschleiß sowie gute Oberflächen der hergestellten Teile auf und gestatten eine höhere Produktivität bei der spangebenden Fertigung auf automatischen Werkzeugmaschinen.

Erfindungsansprüche:

1. Rückgeschwefelte Automatenstähle mit Wismut und modifizierenden Legierungselementen mit der Grundzusammensetzung

0,05 bis 1,4	Ma.-% Kohlenstoff
maximal 2,0	Ma.-% Silizium
0,30 bis 2,0	Ma.-% Mangan
maximal 0,12	Ma.-% Phosphor
0,03 bis 0,50	Ma.-% Schwefel
0,05 bis 0,40	Ma.-% Wismut,

gekennzeichnet dadurch, daß diese die modifizierenden Legierungselemente
0,0005 bis 0,0100 Ma.-% Bor
und/oder 0,0005 bis 0,0100 Ma.-% Kalzium
und/oder 0,0005 bis 0,0100 Ma.-% Barium
und/oder 0,0005 bis 0,0100 Ma.-% Magnesium
und/oder 0,0005 bis 0,0100 Ma.-% Strontium
enthalten, und daß die im erstarrten erfindungsgemäßen Stahl verbleibenden Oxideinschlüsse niedrigschmelzende Komplexoxide der Zusammensetzung $xA \cdot yB$ sind, wobei x und y gleich 1, 2 oder 3 sind, A die Bezeichnung für die Oxide der Elemente, B, Ba, Ca, Mg, Sr oder einer beliebigen Kombination von zwei oder mehreren dieser Elemente ist und B die Bezeichnung für die Oxide der Elemente Mn, Si, Al oder eine beliebige Kombination von zwei dieser Elemente oder der drei genannten Elemente ist.
2. Rückgeschwefelte Automatenstähle nach Punkt 1, **gekennzeichnet dadurch**, daß die Elemente B, Ba, Ca, Sr und Mg vorzugsweise eine Konzentration von 0,0010 bis 0,0050 Ma.-% haben und die Summe der Konzentrationen aller enthaltenen modifizierenden Elemente vorzugsweise kleiner als 150 ppm ist.
3. Rückgeschwefelte Automatenstähle nach Punkt 1 und 2, **gekennzeichnet dadurch**, daß vorzugsweise Bor bzw. ein Gemisch von Bor und Aluminium zur Desoxydation dient und die anschließend legierten Sulfidbildner Kalzium und/oder Magnesium und/oder Barium und/oder Strontium sind.
4. Rückgeschwefelte Automatenstähle nach Punkt 1 und 2, **gekennzeichnet dadurch**, daß sie mit Mangan desoxydiert und vorzugsweise mit Barium und/oder Bor modifiziert sind, so daß die im erstarrten erfindungsgemäßen Stahl verbleibenden Oxide die Zusammensetzung $x \cdot MnO \cdot y \cdot M$ haben, wobei x und y gleich 1, 2 oder 3 sind und M die Bezeichnung für B_2O_3 oder BaO oder eine Kombination davon ist.

Anwendungsgebiet der Erfindung

Die Erfindung betrifft rückgeschwefelte Automatenstähle mit Wismut und modifizierenden Legierungselementen, die in der spangebenden Fertigung der metallverarbeitenden Industrie zur effektiven Herstellung von Präzisionsteilen Verwendung finden. Dabei handelt es sich je nach Kohlenstoffgehalt und Desoxydationsart um halbberuhigte Weichautomatenstähle, Einsatz-, Vergütungs- oder Triebstähle.

Durch den Zusatz von modifizierenden Legierungselementen wird die Zerspanbarkeit gegenüber den herkömmlichen Wismut- bzw. Wismut-Tellur-Stählen verbessert, der Aufwand für Legierungsmittel verringert und das Auftreten von toxischen Stäuben oder Dämpfen wie, z. B. bei Verwendung von Tellur, von vornherein ausgeschlossen.

Charakteristik der bekannten technischen Lösungen

Seit Jahrzehnten werden zur Verbesserung der Zerspanbarkeit von Stählen spezielle Elemente legiert. Auf die Entwicklung der Mangan-Schwefel-legierten Stähle am Anfang des 20. Jahrhunderts folgte die Gruppe der bleilegierten Stähle in den dreißiger Jahren. Mit dem Aufschwung und den neuen Forderungen des Maschinenbaus und der Automobilindustrie in den sechziger Jahren wurden Hochleistungsautomatenstähle auf der Basis der Kombination Schwefel-Blei — (Tellur, Selen, Wismut) und mit Kalzium desoxydierte Vergütungsstähle entwickelt.

Auf Grund der zunehmend verschärften Forderungen der meisten Industriestaaten bezüglich Umweltschutz und Arbeitssicherheit wurden in den letzten Jahren und werden zur Zeit zahlreiche Entwicklungsarbeiten zur Ablösung der bei der Herstellung mit der Emission giftiger Stoffe verbundenen Blei-, Tellur- und Selen-Stähle durchgeführt. Dabei erreichte man mit der Entwicklung von borlegierten Weichautomatenstählen in der DDR und von wismutlegierten Stählen in den USA bereits Teilerfolge.

Die günstige Wirkung von Bor im Bereich von 40 bis 200 ppm wurde bereits vor 35 Jahren in den US-EB 2388214 und 2338215 nachgewiesen. In der DD-EB 156605 wird dagegen ein Weichautomatenstahl beschrieben, der durch Legieren mit 20 bis 40 ppm Bor eine wesentlich bessere Innenspanbarkeit aufweist. Diese Stähle haben den großen Vorteil, daß sie bei der Herstellung nicht mit der Emission toxischer Stoffe verbunden sind. Sie erreichen jedoch nur bei vorwiegender Außenspannung annähernd die guten Zerspanungseigenschaften der bleilegierten Stähle.

Aufbauend auf der Nichttoxizität und der Äquivalenz der Wirkung von Wismut im Vergleich zu Blei wurde in den USA in den Jahren 1980/81 eine Reihe Patente angemeldet, die sich mit einer neuen Gruppe von Wismutstählen befassen (US-EB 4236939, 4255187 und 4255188). Diese Stähle enthalten 0,06 bis 1,0 Ma.-% Kohlenstoff, 0,3 bis 1,6 Ma.-% Mangan, maximal 0,3 Ma.-% Silizium, 0,03 bis 0,50 Ma.-% Schwefel und maximal 0,12 Ma.-% Phosphor sowie 0,05 bis 0,40 Ma.-% Wismut. Zur weiteren Verbesserung der Zerspanbarkeit können noch bis zu 0,3 Ma.-% Blei und bis zu 0,06 Ma.-% Tellur legiert werden.

In der US-EB 4255188 wird zusätzlich noch beschrieben, daß diese Stähle Sulfideinschlüsse zwischen 2 und 10 μm Größe mit einem Abstand $< 100 \mu m$ haben, wobei die Sulfidgröße und -verteilung über die Erstarrungs- und Walzbedingungen gesteuert werden.

Die bekannten Patente zu Wismutstählen weisen den Mangel auf, daß erstens keine Angaben zu einer spanungstechnisch günstigen Modifizierung der oxidischen Einschlüsse mitgeteilt werden und zweitens eine Globularisierung der Sulfide neben günstigen Erstarrungs- und Walzbedingungen über den Zusatz von Tellur, das teuer ist und bei der Herstellung toxische Dämpfe erzeugt, angestrebt wird.

Ziel der Erfindung

Das Ziel der Erfindung besteht darin, die Zerspanbarkeit von rückgeschwefelten Wismutstählen durch Legieren mit modifizierenden Elementen so zu verbessern, daß sowohl bei Einsatz von Schnellarbeitsstahlwerkzeugen als auch bei Hartmetallwerkzeugen die Standzeit erhöht, die erreichbare Oberflächenqualität der Werkstücke verbessert und der auf das Spanvolumen bezogene Energiebedarf verringert wird. Die Verwendung von toxischen Legierungselementen wie Blei und Tellur wird von vornherein ausgeschlossen.

Darlegung des Wesens der Erfindung

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, unter Verwendung von Legierungselementen, die kostengünstig, gut verfügbar und leicht zu handhaben sind und welche bei ihrer Anwendung keine toxischen Dämpfe und/oder Stäube erzeugen, die Zerspanbarkeit von rückgeschwefelten Automatenstählen mit der Basiszusammensetzung 0,05 bis 1,4 Ma.-% Kohlenstoff, maximal 2,0 Ma.-% Silizium 0,30 bis 2,0 Ma.-% Mangan, maximal 0,12 Ma.-% Phosphor und 0,03 bis 0,50 Ma.-% Schwefel zu verbessern.

Erfindungsgemäß wird die technische Aufgabe dadurch gelöst, daß neben dem Legieren von 0,05 bis 0,40 Ma.-% Wismut die Desoxydationsprodukte durch Zusatz von modifizierenden Legierungselementen weitgehend aus dem flüssigen Stahl entfernt werden und die im erstarrten Stahl verbleibenden Oxideinschlüsse als niedrigschmelzende Komplexoxide vorliegen, und daß gegebenenfalls modifizierende Legierungselemente als Sulfidbildner in das desoxydierte rückgeschwefelte Stahlbad legiert werden.

Bei halbberuhigten Automatenstählen mit Wismut werden die Desoxydationsprodukte MnO und $MnO \cdot SiO_2$, wobei das Silizium hauptsächlich aus dem Legierungsmittel Ferromangan stammt, vorzugsweise durch Zugabe von Bor und/oder Barium modifiziert. Dadurch entstehen niedrigschmelzende Komplexoxide der Zusammensetzung $x \cdot MnO \cdot y M$, wobei M für B_2O_3 oder BaO oder eine Kombination von B_2O_3 und BaO steht und x, y gleich 1, 2 oder 3 sind.

Die niedrigschmelzenden Komplexoxide wirken weit weniger abrasiv und fördern die Bildung von verschleißhemmenden Belägen auf den Werkzeugen.

Bei beruhigten Automatenstählen mit Wismut wird die Desoxydation sorgfältig mit modifizierenden Elementen wie Bor, Magnesium, Kalzium, Strontium und Barium, insbesondere mit einer Kombination von Bor oder von den anderen genannten Elementen mit Aluminium vorgenommen. Dabei werden Endgehalte dieser Elemente im erstarrten Stahl zwischen 5 und 100 ppm, vorzugsweise zwischen 10 und 50 ppm erreicht. Die Summe der Konzentrationen aller enthaltenen modifizierenden Elemente ist vorzugsweise kleiner als 150 ppm.

Die modifizierten Oxide liegen als komplexe Einschlüsse der Zusammensetzung $xA \cdot yB$ vor

$x, y = 1, 2$ oder 3

$A =$ Oxid oder Kombination von Oxiden der Elemente B, Mg, Ca, Sr, Ba

$B = MnO, SiO_2, Al_2O_3$ oder eine Kombination davon.

Bei beruhigten Stählen besteht weiterhin die Möglichkeit, in das weitgehend desoxydierte, rückgeschwefelte Stahlbad neben den stahlmarkenspezifischen Legierungselementen modifizierende Elemente, insbesondere Kalzium, Magnesium, Barium oder Strontium oder eine beliebige Kombination von zwei oder mehreren dieser Elemente zu legieren, deren Verbindungen mit Schwefel in die Mangansulfide eingelagert werden, wodurch diese beim Walzen weitgehend globular bleiben. Die Globularisierung der Sulfide bewirkt eine Verbesserung der Zerspanbarkeit, der Umformbarkeit und auch der Isotropie der mechanischen Eigenschaften. Der nicht an Schwefel gebundene Anteil der modifizierenden Elemente verbindet sich mit Sauerstoff bei der Sekundärdesoxydation, so daß hier eine Wirkung in doppelter Hinsicht erfolgt: Sie dienen zur Erzeugung niedrigschmelzender, belagbildender Komplexoxide und zur Globularisierung der Sulfide.

Ausführungsbeispiel

Die Erfindung wird nachfolgend an 3 Ausführungsbeispielen für die Erzeugung verschiedener Stähle, die in ihrem Geltungsbereich liegen, beschrieben.

1. Weichautomatenstahl

Dem rückgeschwefelten Stahlbad werden neben Ferromangan beim Abstich in eine Gießpfanne unter intensiver Durchmischung sauerstoffhaltige Bariumverbindungen zugegeben. Der Zusatz an Barium beträgt 0,64 kg pro Tonne Flüssigstahl. Das Legieren von Wismut erfolgt durch Zugabe von 2,5 kg Bi pro Tonne Flüssigstahl in den Gießstrahl beim fallenden Guß. Der erstarrte Stahl hat im Chargenmittel folgende chemische Zusammensetzung:

0,1200 Ma.-% Kohlenstoff

0,0100 Ma.-% Silizium

0,9800 Ma.-% Mangan

0,0460 Ma.-% Phosphor

0,2940 Ma.-% Schwefel

0,1800 Ma.-% Wismut

0,0020 Ma.-% Barium

Rest Eisen sowie herstellungsbedingte Begleitelemente und Verunreinigungen.

Der erfindungsgemäße, mit Barium modifizierte Weichautomatenstahl mit Wismut, garantiert eine um 20% höhere Standzeit der Zerspanungswerkzeuge gegenüber dem entsprechenden Vergleichsstahl ohne Barium.

2. Vergütungsstahl

Der Stahl wird im Lichtbogen-Ofen erschmolzen. Nach dem Frischen hat das Stahlbad folgende Zusammensetzung:

0,360 Ma.-% Kohlenstoff

0,010 Ma.-% Silizium

0,240 Ma.-% Mangan

0,013 Ma.-% Phosphor

0,035 Ma.-% Schwefel

Zur Vordesoxydation werden 0,5 kg pro Tonne Aluminium und 1 kg pro Tonne Ferrobore mit 20 Ma.-% Bor legiert. Beim Abstich in die Gießpfanne werden dem rückgeschwefelten Stahlbad 5 kg pro Tonne Flüssigstahl Kalziumsilizium mit 25 Ma.-% Kalzium

unter intensiver Durchmischung zugegeben. Der Stahl wird steigend vergossen. Das Wismut wird beim Gießen gleichmäßig verteilt über den Gießverlauf in den Trichter in einer Menge von 2 kg pro Tonne Flüssigstahl legiert. Der erstarrte Stahl hat im Chargenmittel folgende Zusammensetzung:

0,4600 Ma.-% Kohlenstoff
0,5600 Ma.-% Mangan
0,3400 Ma.-% Silizium
0,0160 Ma.-% Phosphor
0,0360 Ma.-% Schwefel
0,0050 Ma.-% Aluminium
0,0024 Ma.-% Bor
0,0036 Ma.-% Kalzium
0,1400 Ma.-% Wismut

Durch die günstigen Abscheidungseigenschaften der Bor-Aluminium-Komplexoxide werden diese weitgehend in die Schlacke abgeschieden. Die verbleibenden Oxide liegen in einer für die Zerspanbarkeit günstigen Modifizierung vor. Durch die Zugabe von Kalzium in das rückgeschwefelte Stahlbad beim Abstich in die Gießpfanne wird der Sauerstoff weiter abgebaut und es bilden sich außerdem mit Kalzium modifizierte Sulfide, die beim Walzen weitgehend globular bleiben.

Gegenüber einem vergleichbaren Vergütungsstahl mit Wismut hat der erfindungsgemäße Bor-Kalzium-modifizierte Stahl eine um 30 % bessere Zerspanbarkeit durch Verringerung des Werkzeugverschleißes und Erhöhung der Oberflächenqualität der bearbeiteten Flächen.

3. Kohlenstoffstahl

Der Stahl wird im Lichtbogenofen erschmolzen. Nach dem Frischen hat das Stahlbad folgende Zusammensetzung:

0,650 Ma.-% Kohlenstoff
0,010 Ma.-% Silizium
0,210 Ma.-% Mangan
0,014 Ma.-% Phosphor
0,032 Ma.-% Schwefel

Zur Vordesoxydation werden 0,4 kg pro Tonne Aluminium und 1,4 kg pro Tonne Ferrobore mit 20 Ma.-% Bor legiert.

Anschließend werden 5 kg pro Tonne Ferromangan und Kohlenstoff legiert. Zur Schlußdesoxydation und Modifizierung der Sulfide werden beim Abstich in die Gießpfanne dem rückgeschwefelten Stahlbad 2 kg Kalziumsilizium pro Tonne Flüssigstahl unter intensiver Durchmischung zugegeben. Der Stahl wird steigend vergossen. Das Wismut wird beim Gießen gleichmäßig verteilt über den Gießverlauf in den Trichter in einer Menge von 2,5 kg Wismut pro Tonne Stahl legiert. Der erstarrte Stahl hat im Chargenmittel folgende Zusammensetzung:

1,0400 Ma.-% Kohlenstoff
0,1800 Ma.-% Silizium
0,5500 Ma.-% Mangan
0,0300 Ma.-% Phosphor
0,0450 Ma.-% Schwefel
0,0028 Ma.-% Bor
0,0022 Ma.-% Kalzium
0,0040 Ma.-% Aluminium
0,1700 Ma.-% Wismut

Bei diesem Ausführungsbeispiel hat der Bor-Kalzium-modifizierte, wismutlegierte Automatenstahl gegenüber den vergleichbaren Stählen mit reiner Aluminium-Vor- und Schlußdesoxydation günstigere Zerspanungseigenschaften dadurch, daß er globularere Sulfide und kaum noch abrasive oxidische Einschlüsse aufweist.