NORGE

(12) **PATENT**

(19) NO (11) **312682** (13) B1

(51) Int Cl[7] C 22 C 38/42, 38/60

Patentstyret

(21) Søknadsnr	19961353	(86) Int. inng. dag og søknadsnummer	
(22) Inng. dag	1996.04.02		
(24) Løpedag	1996.04.02	(85) Videreføringsdag	
(41) Alm. tilgj.	1996.10.08	(30) Prioritet	1995.04.07, FR, 9504140
(45) Meddelt dato	2002.06.17		

(71) Patenthaver Ugine Savoie, Avenue Paul Girod, F-73400 Ugine, FR
(72) Oppfinner Pascal Terrien, Albertville, FR
Xavier Cholin, Albertville, FR
Pierre Pedarre, Annecy, FR
(74) Fullmektig J.K. Thorsens Patentbureau AS, 0134 Oslo

(54) Benevnelse **Resulfurisert rustfritt austenitt stål med forbedret bearbeidbarhet**

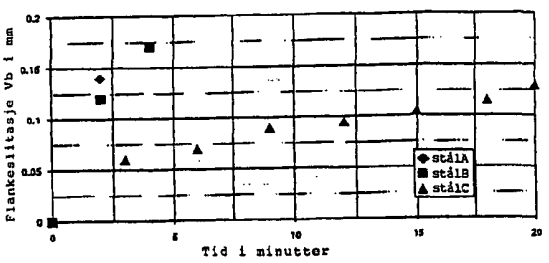
(56) Anførte publikasjoner NO B1 302830, EP B1 403332

(57) Sammendrag

Den foreliggende oppfinnelse vedrører et resulfurisert austenittisk rustfritt stål med forbedret bearbeidbarhet, spesielt anvendt innen området med bearbeidelse ved meget høy skjærhastighet og innen området med stangdreiing, kjennetegnet ved at dets sammensetning i vekt er som følger:

- karbon < 0,1 %,
- silisium < 2 %,
- mangan < 2 %,
- nikkel, fra 7 til 12 %,
- krom, fra 15 til 25 %,
- svovel, fra 0,10 til 0,55 %,
- kobber, fra 1 til 5 %,
- kalsium > $35 \cdot 10^{-4}$%,
- oksygen > $70 \cdot 10^{-4}$%,

idet forholdet mellom kalsiuminnhold og oksygeninnhold er mellom 0,2 og 0,6.



Foreliggende oppfinnelse vedrører resulfurisert rustfritt austenittstål med forbedret bearbeidbarhet, spesielt anvendt innen området med bearbeidelse ved meget høy skjærehastighet og innen området med stangdreiing.

For en fagmann innen området er det klart at høyhastighets-bearbeidelse av rustfritt austenittstål betyr anvendelse av skjærehastigheter større enn 500 m/min.

Hastighetene som kan anvendes på et stål er f.eks. bestemt ved dreieprøver med verktøy som har karbidbelagte ender, idet disse prøver som betegnes $Vb_{15/0,15}$ omfatter å bestemme hastigheten der flankeslitasjen er 0,15 mm etter bearbeidelse i 15 minutter. Over denne hastigheten er det ikke mulig å bearbeide uten risiko, mens det under denne hastigheten er mulig å bearbeide i industriell skala.

Resulfurisert rustfritt austenittstål med forbedret bearbeidbarhet er kjent fra EP 403.332. Dette patentskrift beskriver en fremgangsmåte hvori det, for å forbedre bearbeidbarheten, er foreslått å innføre i et stål med den følgende generelle sammensetning: mindre enn 0,15% karbon, mindre enn 2% silisium, mindre enn 2% mangan, mindre enn 3% molybden, mellom 7 og 12% nikkel og mellom 15 og 25% krom, en mengde svovel i en andel mellom 0,1 og 0,4% og forbundet med kalsium og oksygen i innhold på større enn henholdsvis $30 \cdot 10^{-4}$% og $70 \cdot 10^{-4}$%, idet kalsium- og oksygeninnholdene er slik at Ca/O forholdet er mellom 0,2 og 0,6.

I dette patentskrift er det ønskede formål dannelse, med mangan og, i en mindre andel, med krom, av et mangankrom-sulfid (Mn,Cr)S som, i form av spesifikke inneslutninger, gir fast smøring av skjæreverktøyet under bearbeidelsesoperasjoner.

Det presiseres også at svovel har en ugunstig effekt på korrosjonsbestandighet, men at det på tross av dette er et formål å innføre inneslutninger av aluminiumsilikatoksyder av

kalk som vanligvis er assosiert med inneslutninger av sulfider i resulfurisert stål.

Et slikt austenittstål har gode bearbeidbarhetsegenskaper i det vanlige område til skjærehastigheter, dvs mindre enn 500 m/min i dreiing. Stålet har assosierte inneslutninger som utgjøres av aluminiumsilikattype oksyder som foretrukket belegger sulfidinneslutninger. Disse inneslutninger er større og mer deformerbare enn sulfidinneslutninger alene. Effekten av den såkalte faste smøring av skjæreverktøyet forbedres herved. Stålet som beskrives i det motholdte patentskrift har imidlertid en ulempe. Dette er fordi svovel, som en følge, reduserer egenskapene til stålet når det gjelder kalddeformasjon, forekomst av spenningssprekkdannelse, f.eks. under trekking eller trådtrekking.

Oppfinnelsen har som formål å tilveiebringe et stål med forbedret bearbeidbarhet som på den ene side kan anvendes innen området med bearbeidelse ved meget høye hastigheter, med dreieskjærehastigheter som kan overstige 700 m/min, og som på den annen side kan anvendes innen området med stangdreiing, med 30% høyere produktivitet enn oppnådd med ordinært resulfurisert rustfritt austenittstål.

Oppfinnelsen vedrører således resulfurisert rustfritt austenittstål med forbedret bearbeidbarhet, som spesielt anvendes innen området med bearbeidelse ved meget høy skjærehastighet og innen området med stangdreiing, som er kjennetegnet ved at dets sammensetning i vekt er som følger:

$0{,}010\% < \text{karbon} < 0{,}1\%$,

$0{,}1\% < \text{silisium} < 2\%$,

$0{,}1\% < \text{mangan} < 2\%$,

- nikkel, fra 7 til 12%,
- krom, fra 15 til 25%,
- svovel, fra 0,10 til 0,55%,
- kobber, fra 1 til 5%,
- kalsium $> 35 \cdot 10^{-4}\%$,
- molybden, fra 0 til 3%,

$70 \cdot 10^{-4}\% < \text{oksygen} < 300 \cdot 10^{-4}\%$

idet forholdet mellom kalsiuminnhold og oksygeninnhold er mellom 0,2 og 0,6.

Svovelinnholdet er særlig mellom 0,20 og 0,40% og foretrukket mellom 0,25 og 0,35%.

Kobberinnholdet er særlig mellom 1,2 og 3% og foretrukket mellom 1,4 og 1,8%.

Fig. 1 viser flankeslitasjekurver til resulfuriserte rustfrie stål enten uten kobber eller uten inneslutninger av aluminiumsilikat av kalk og til et resulfurisert stål i henhold til oppfinnelsen, idet disse stål er bearbeidet ved meget høy skjærehastighet.

Fig. 2 viser kaldherdingskurvene til et kobberfritt resulfurisert stål og et stål i henhold til oppfinnelsen.

Stålet ifølge oppfinnelsen faller innenfor området av såkalte resulfuriserte stål der svovelinnholdet og, i et bestemt forhold, kalsium- og oksygeninnholdet sikrer at de nevnte stål har god bearbeidbarhet ved skjærehastigheter mindre enn 500 m/min.

Ved anvendelse av stålet i henhold til oppfinnelsen innen området med bearbeidelse ved meget høy skjærehastighet, er bearbeidbarheten forbedret ved den kombinerte effekt av et stort antall inneslutninger, idet disse er mangansulfider og aluminiumsilikatoksyder av kalk som fremkommer ved tilsetning av både kalsium og oksygen, og ved tilstedeværelsen av kobber. Kobber nedsetter spenningene som er nødvendige for å danne spon. På grunn av denne egenskap forblir temperaturen på enden av verktøyet på et nivå som dette tåler. Under disse forhold sikrer de mange inneslutninger av mangansulfid og aluminiumsilikatoksyder av kalk fullstendig, i kombinasjon, deres rolle som fast smøremiddel for å hindre verktøyslitasje. I stålet i henhold til oppfinnelsen er mangansulfidene bare i meget liten grad substituert med krom på grunn av et manganinnhold tilpasset svovelinnholdet, idet deres

smibarhet og dermed deres effektivitet under skjæring er forbedret derved. Svovel kan delvis erstattes av selen og/eller tellur.

Det resulfuriserte stål i henhold til oppfinnelsen, som fordelaktig kan anvendes innen området med såkalt bearbeidelse ved høye skjærehastigheter sikrer, i kraft av tilstedeværelsen av et stort antall smibare inneslutninger med lavt smeltepunkt av sulfid og assosiert eller ikke-assosiert oksyd, og i kraft av tilstedeværelsen av et kobberinnhold i henhold til oppfinnelsen, på den ene side at bearbeidelse kan utføres ved eksepsjonelle skjærehastigheter og på den annen side at levetiden til skjæreverktøyet bevares.

I en sammenlignende bearbeidbarhetsprøve ved meget høy skjærehastighet, dvs større enn 500 m/min, anvendes et TiN-belagt karbidverktøy. Forandringen i flankeslitasje på verktøyet under bearbeidelsen av tre resulfuriserte stål, benevnt A, B og C, sammenlignes. Stål A og B er resulfuriserte referansestål, stål A inneholder ikke kalsium eller oksygen i et egnet forhold og stål B inneholder ikke kobber i sin sammensetning. Stål C i henhold til oppfinnelsen omfatter, i dette anvendelseseksempel, i sin sammensetning 1,5% kobber, $44 \cdot 10^{-4}$% kalsium og $118 \cdot 10^{-4}$% oksygen. Sammensetningene til referansestål A og B og stål C i henhold til oppfinnelsen er gitt i tabell 1 nedenfor.

Stål	C	Si	Mn	Mo	Ni	Cr	S	Cu	Ca	O
A	0.048	0.42	1.50	0.29	8.05	17.03	0.30	1.5	10	53
B	0.051	0.38	1.49	0.29	8.03	17.05	0.30	0.5	51	110
C	0.050	0.43	1.50	0.31	8.10	17.04	0.30	1.5	44	118
D	0.049	0.45	1.48	0.28	8.02	17.11	0.39	1.5	14	57
E	0.052	0.39	1.51	0.30	8.07	17.03	0.30	1.5	62	134

Prøven består av en dreieoperasjon, uten smøring, med en tilførsel på 0,25 mm/omdreining, en skjæredybde på 1,5 mm og en skjærehastighet på 700 m/min. Verktøyet demonteres regel-

messig for å måle flankeslitasjen. Kurvene som resulterer fra dette er vist i fig. 1.

Referansestål A og B er uegnet for denne type bearbeidelse. Etter bare et par minutter med dreiing er verktøyene som bearbeider disse stål ødelagt, dvs at enten er deres flankeslitasje større enn 0,15 mm eller deres kant er falt sammen. Det er derfor utenkelig å anvende slike skjærehastigheter for å bearbeide disse stål. I motsetning, med stål C i henhold til oppfinnelsen, er det belagte verktøy fremdeles i stand til å bearbeide etter 20 minutter med dreiing, noe som gjør det mulig for typisk karbidbelagte verktøy å arbeide under industrielle forhold ved slike skjærehastigheter. Dette skyldes det kombinerte nærvær i stålets sammensetning av en stor mengde svovel, smibare oksyder med lavt smeltepunkt og et optimalt kobberinnhold.

I anvendelsen av stålet i henhold til oppfinnelsen, innen stangdreiingsområdet, forbedres bearbeidbarheten ved nærvær av kobber under fremstillingen av stenger, og deretter ved effekten av inneslutningene av mangansulfid og av aluminiumsilikatoksyder av kalk under bearbeidelse. Kobber nedsetter kaldherdingen, som vist i fig. 2, hvori igjen referansestål B og stål C i henhold til oppfinnelsen er sammenlignet. Denne lave kaldherding resulterer i at trukkede stenger oppnås med en lavere hardhet, spesielt på overflaten.

Effekten av inneslutningene virker så på en supplerende måte til å fremme skjæring av spon og til å smøre verktøy/metallgrenseflatene.

I en produksjonsprøve av stangdreiearbeidsstykker, sammenlignes produktiviteten til to resulfuriserte stål, betegnet D og E. Referansestål D er et resulfurisert stål som ikke inneholder kalsium eller oksygen i et egnet forhold i sin sammensetning, og stål E i henhold til oppfinnelsen omfatter, i denne utførelse, 1,5% kobber, $62 \cdot 10^{-4}$% prosent kalsium og $134 \cdot 10^{-4}$% oksygen i sin sammensetning.

Overraskende nok gir den kombinerte virkning av de tre elementer, kobber, oksygen og kalsium, en spesiell effekt på forbedringene i bearbeidbarhet som ikke kan forutsies når disse elementer innføres i sammensetningen i par eller separat.

Sammensetningene til referansestål D og stål E i henhold til oppfinnelsen er beskrevet i tabell 1.

Prøven består i å produsere, fra en trukket stang på 5 mm i diameter, et arbeidsstykke på 50 mm i lengde, som hovedsakelig omfatter dreiing med en skjæredybde som varierer fra 0,5 til 1,5 mm. Tabell 2 nedenfor viser resultatene fra en stangdreieprøve på en enkeltspindel-kamdreiebenk med helstøpt karbidverktøy og smøring med ublandet olje. Verdiene i tabell 2 er antall arbeidsstykker bearbeidet med god kvalitet før skifte av verktøy.

Produktivitet	**Stål D**	**Stål E**
1,82 arbeidsstykker/min	3.200	8.000
2,30 arbeidsstykker/min	1.500	3.200

Under skjæreforholdene optimalisert for et referansestål kan 2,5 ganger flere arbeidsstykker produseres med stålet i henhold til oppfinnelsen før verktøyet må skiftes. Omvendt, så er levetiden den samme med en 30 % større produktivitet for stålet i henhold til oppfinnelsen.

I en annen stangdreieprøve sammenlignes de to samme stål D og E i en enkel oppdelingsoperasjon, som består i å produsere stenger på 4 mm i diameter fra stenger avskåret på en maskin av skjærebrennertype. Produktiviteten er forbedret med 28 % med stål E i henhold til oppfinnelsen sammenlignet med referansestål D som ikke inneholder kalsium eller oksygen i et egnet forhold.

PATENTKRAV

1. Resulfurisert rustfritt austenittstål med forbedret bearbeidbarhet, spesielt anvendt innen området med bearbeidelse ved meget høy skjærehastighet og innen området med stangdreiing,
k a r a k t e r i s e r t v e d at dets sammensetning i vekt er som følger:

0,010% < karbon < 0,1%,
0,1% < silisium < 2%,
0,1% < mangan < 2%,
- nikkel, fra 7 til 12%,
- krom, fra 15 til 25%,
- svovel, fra 0,10 til 0,55%,
- kobber, fra 1 til 5%,
- kalsium > $35 \cdot 10^{-4}$%,
- molybden, fra 0 til 3 %,

$70 \cdot 10^{-4}$% < oksygen < $300 \cdot 10^{-4}$%

idet forholdet mellom kalsiuminnhold og oksygeninnhold er mellom 0,2 og 0,6.

2. Stål som angitt i krav 1,
k a r a k t e r i s e r t v e d at svovelinnholdet er mellom 0,20 og 0,40%.

3. Stål som angitt i krav 1 og 2,
k a r a k t e r i s e r t v e d at svovelinnholdet er mellom 0,25 og 0,35%.

4. Stål som angitt i krav 1,
k a r a k t e r i s e r t v e d at kobberinnholdet er mellom 1,2 og 3%.

5. Stål som angitt i krav 1 og 4,
k a r a k t e r i s e r t v e d at kobberinnholdet er mellom 1,4 og 1,8%.

6. Stål som angitt i krav 1,
k a r a k t e r i s e r t v e d at sammensetningen videre omfatter 0,01% < molybden < 3%.

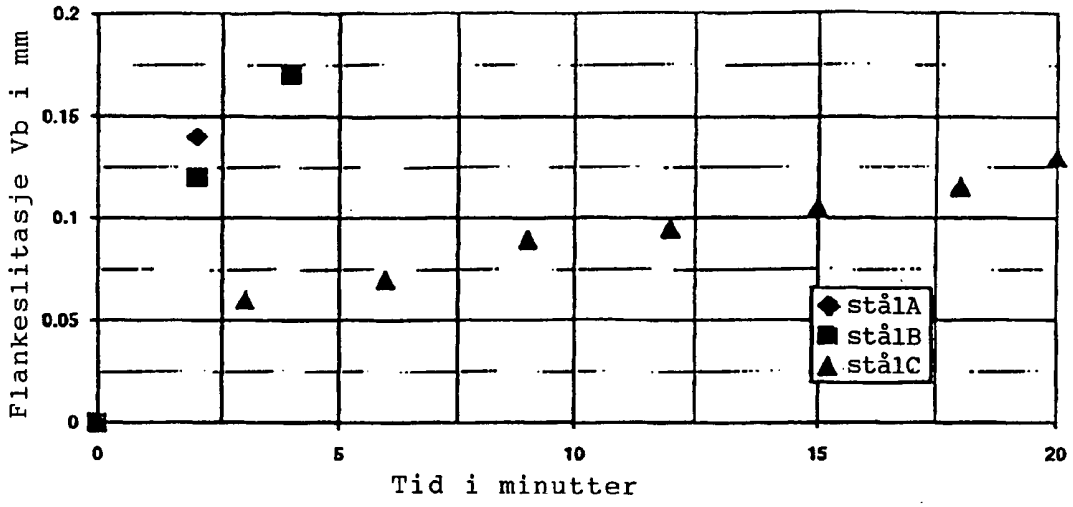

Flankeslitasje Vb i mm
0.2
0.15
0.1
0.05
0
0
5
10
15
20
Tid i minutter
stål A
stål B
stål C

FIG.1

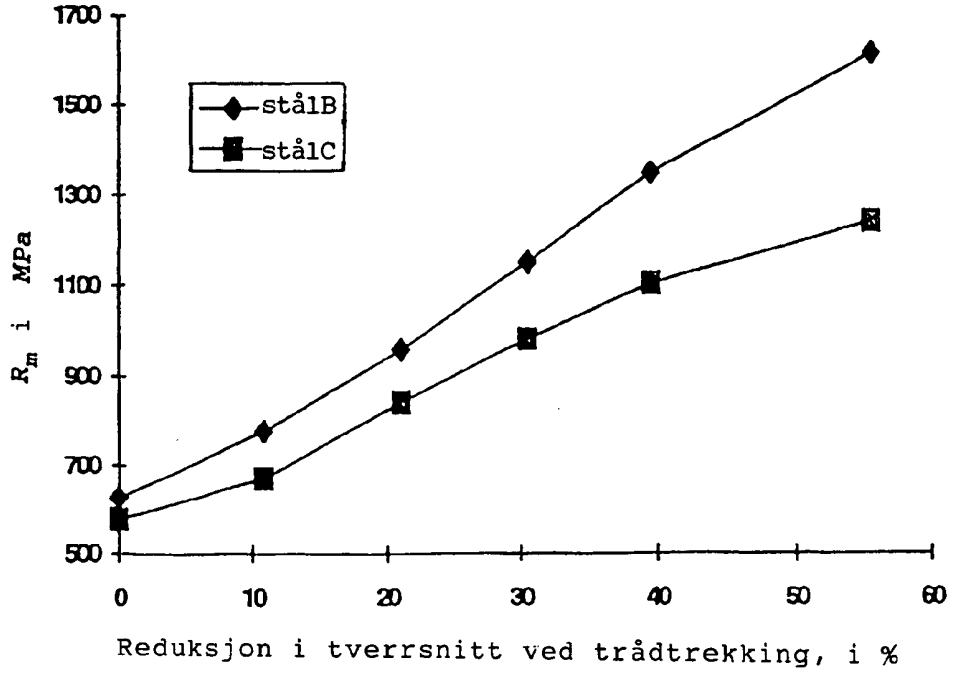

R_m i MPa
1700
1500
1300
1100
900
700
500
0
10
20
30
40
50
60
Reduksjon i tverrsnitt ved trådtrekking, i %
stål B
stål C

FIG.2