



F1000111557B



SUOMI - FINLAND (FI)

PATENTTI- JA REKISTERIHALLITUS PATENT- OCH REGISTERSTYRELSEN

(12) PATENTTIJULKAISU PATENTSKRIFT

(10) FI 111557 B

(45) Patentti myönnetty - Patent beviljats

15.08.2003

(51) Kv.lk.7 - Int.kl.7

C22C 38/60, 38/18

(21) Patentihakemus - Patentansökning

952660

(22) Hakemispäivä - Ansökningsdag

31.05.1995

(24) Alkupäivä - Löpdag

31.05.1995

(41) Tullut julkiseksi - Blivit offentlig

01.12.1995

(32) (33) (31) Etuoikeus - Prioritet

31.05.1994 FR 9406590 P

(73) Haltija - Innehavare

1 •Ugine Savoie (Société Anonyme), Avenue Paul Girod, 73403 Ugine Cedex, RANSKA, (FR)

(72) Keksijä - Uppfinnare

1 •Pedarre,Pierre, 20 Boulevard Taine, 74000 Annecy, RANSKA, (FR)

2 •Terrien,Pascal, 112 Chemin des 3 Poiriers, 73200 Albertville, RANSKA, (FR)

(74) Asiamies - Ombud: Kolster Oy Ab

Iso Roobertinkatu 23, 00120 Helsinki

(54) Keksinnön nimitys - Uppfinningens benämning

**Ferriittinen ruostumatonta teräs, jolla on parannettu koneistettavuus
Ferritisk rostfritt stål med förbättrad maskinbearbetning**

(56) Viitejulkaisut - Anförda publikationer

EP A 403332 (C 22C 38/60)

(57) Tiivistelmä - Sammandrag

Keksintö koskee ferriittistä ruostumatonta terästä, jolla on parannettu koneistettavuus ja jota voidaan käyttää erityisesti ruuvikoneistuksen alalla ja jolle on tunnusomaista seuraava koostumus:

C < 0,17 %

Si < 2,0 %

Mn < 2,0 %

Cr [11 - 20] %

Ni < 1,0 %

S ≤ 0,55 %

Ca > 30 x 10⁻⁴ %

O > 70 x 10⁻⁴ %

kalsiumpitoisuuden ja happipitoisuuden välisen suhteen Ca/O ollessa määritelly ehdolla $0,2 \leq \text{Ca/O} \leq 0,6$. Teräs saatetaan valssauksen ja jäähdityksen jälkeen hehkutuslämpökäsittelyyn, joka antaa sille ferriittisen rakenteen.

Uppfinningen avser ett ferritiskt rostfritt stål med förbättrad bearbetsbarhet och vilket kan användas speciellt inom skruvmaskinernas område och för vilket följande komposition är kännetecknande:

C < 0,17 %

Si < 2,0 %

Mn < 2,0 %

Cr [11 - 20] %

Ni < 1,0 %

S ≤ 0,55 %

Ca > 30 x 10⁻⁴ %

O > 70 x 10⁻⁴ %

varvid förhållandet mellan kalciumhalten och syrehalten Ca/O definieras genom villkoret $0,2 \leq \text{Ca/O} \leq 0,6$. Stålet bringas efter valsning och avsvälning till glödgningens värmebehandling, vilken förlämnar det en ferritisk struktur.

Ferriittinen ruostumaton teräs, jolla on parannettu koneistettavuus

5 Esillä oleva keksintö koskee ruostumatonta terästä, jolla on ferriittinen rakenne ja parannettu koneistettavuus ja jota voidaan käyttää erityisesti ruuvikoneistuksen alalla.

Ruostumattomilla teräksillä tarkoitetaan rautalejeerinkejä, jotka sisältävät vähintään 10,5 % kromia.

10 Muita alkuaineita lisätään teräskoostumuksiin niiden rakenteen ja ominaisuuksien muuntamiseksi. Tunnetaan neljä ruostumattomien terästen standardiluokkaa, jotka eroavat toisistaan rakenteeltaan. Näitä ovat:

- 15 - ruostumattomat teräkset, joilla on martensiittinen rakenne,
- ruostumattomat teräkset, joilla on austeniittinen rakenne,
- ruostumattomat teräkset, joilla on austeniittis-ferriittinen rakenne,
- 20 - ruostumattomat teräkset, joilla on ferriittinen rakenne.

25 Ferriittisille ruostumattomille teräksille on tunnusomaista määriteltä koostumus ja ferriittinen rakenne aikaansaadaan erityisesti koostumuksen valssauksen ja jäähdytyksen jälkeen hehkutuslämpökäsittelyllä, joka antaa niille mainitun rakenteen.

Neljästä suuresta ferriittisten ruostumattomien terästen luokasta, jotka määritellään erityisesti niiden kromipitoisuuden ja hiilipitoisuuden funktiona, mainitaan:

- 30 - ferriittiset ruostumattomat teräkset, jotka voivat sisältää korkeintaan 0,17 % hiiltä. Näillä teräksillä on niiden valmistusta seuraavan jäähdytyksen jälkeen austeniittis-ferriittinen kaksifaasinen rakenne. Ne muuttuvat ferriittisiksi ruostumattomiksi teräksiksi hehkutuksen

jälkeen huolimatta suhteellisen korkeasta hiilipitoisuudesta.

- ferriittiset ruostumattomat teräkset, joiden kromipitoisuus vaihtelee välillä 11 - 12 %. Ne ovat melko lähellä martensiittisiä teräksiä, jotka sisältävät 12 % kromia, mutta eroavat niistä hiilipitoisuutensa puolesta, joka on merkittävästi pienempi.

Esimerkiksi seuraavassa taulukossa esitetään sarja ferriittisiä ja martensiittisiä teräksiä, joiden hiilipitoisuus on standardin sanelema.

	Laji	Standardin sanelema pitoisuus
15	Ferriittiset teräkset	AISI 430 (Z 8 C 17) AISI 434 (Z8CD17-01) AISI 430F (Z10CF17)
		C < 0,12 % C < 0,12 % C < 0,12 %
	Martensiittiset teräkset	AISI 420 A (Z20C13) AISI 416 (Z12CF13)
		0,15 % < C < 0,24 % 0,08 % < C < 0,15 %

- ferriittiset ruostumattomat teräkset, joissa on 17 % kromia. Nämä ovat kaikkein yleisimpiä. Niistä on olemassa monia muunnoksia erityisesti, mitä tulee hiilipitoisuuteen. Molybdeenin lisääminen tekee mahdolliseksi parantaa niiden korroosionkestoa.

Yleensä terästen ferriittinen rakenne saadaan edullisesti rajoittamalla kromikarbidin määrää ja juuri tästä syystä useimpien ferriittisten ruostumattomien terästen hiilipitoisuus on alle 0,12 % tai jopa 0,08 %.

- ferriittiset ruostumattomat teräkset, joissa on 17 % kromia ja jotka on stabiloitu lisäämällä alkuaineita, joilla on suuri affiniteetti hiileen tai tyypeen, kuten titaania, niobia ja sirkoniumia.

- ferriittiset ruostumattomat teräkset, joilla on suuri kromipitoisuus, yleensä yli 24 %.

Metallurgiselta kannalta on tunnettua, että tietyt teräksen koostumukseen sisältyvät alkuaineet edistävät ferriittifaasin esiintymistä, jolla on runkokeskeinen kuutiomainen rakenne. Näitä alkuaineita kutsutaan alfa-muodostusalkuaineiksi. Niihin luetaan kromi ja molybdeeni. Toiset alkuaineet, joita kutsutaan gamma-muodostusalkuaineiksi, edistävät gamma-austeniittisen faasin esiintymistä, jolla on tasokeskeinen kuutiomainen rakenne. Näihin alkuaineisiin luetaan nikkeli samoin kuin hiili ja typpi.

Kun teräksiä ei kuumavalssata, teräksen rakenne voi olla kaksifaasin ferriittinen ja austeniittinen rakenne. Jos esimerkiksi jäähdytys on nopea, lopullinen rakenne on ferriittinen ja martensiittinen. Jos se on hitaampi, austeniitti hajoaa osittain ferriitiksi ja kasideiksi, mutta karbidipitoisuus on suurempi kuin ympäröivässä matriisissa, koska austeniitti on kuumana liuottanut enemmän hiiltä kuin ferriitti. Kuumassakin tapauksessa kuumavalssatut ja jäähdytetyt teräkset on nuorrutettava tai hehkutettava täysin ferriittisen rakenteen kehittämiseksi. Nuorutus voidaan suorittaa noin 820 °C:n lämpötilassa alfa → gammasiirtymälämpötilan A₁ alapuolella, joka aiheuttaa karbidin erkanemista.

On myös mahdollista suorittaa hehkutus korkeammas-
sa lämpötilassa, esimerkiksi 870 °C:ssa, mikä johtaa martensiitin huomattavampaan pehmenemiseen, mutta aiheuttaa osittaista muuttumista austeniitiksi. Hidas jäähdytys on tällöin välttämätön muodostuneen austeniitin hajottamiseksi ferriitiksi ja kasideiksi, mikä estää uuden martensiitin muodostumisen.

Niinkutsuttujen stabiloitujen ferriittisten terästen valmistuksessa hiili yhtyy stabiloiviin alkuaineisiin, kuten titaaniin ja/tai niobiin eikä enää osallistu gamma-muodostusfaasin muodostamiseen, koska sitä ei enää ole

matriisissa. Tässä tapauksessa on mahdollista saada kuuma-valssauksen jälkeen terästä, jonka rakenne on täysin ferriittinen.

5 Fysikaalisten ominaisuuksien kannalta selvin ero ferriittisten ja austeniittisten terästen välillä on edellisen ferromagneettinen käyttäytyminen.

10 Ferriittisten terästen lämmönjohtavuus on hyvin pieni. Se on martensiittisten terästen ja austeniittisten terästen lämmönjohtavuuden välillä huoneenlämpötilassa. Se on yhtä suuri kuin austeniittisten terästen lämmönjohtavuus lämpötilavälillä 800 - 1 000 °C, jotka lämpötilat vastaavat terästen lämpötiloja koneistuksen aikana.

15 Koneistuksen kannalta ferriittisten terästen lämpölaajeneminen on suunnilleen 60 % suurempi kuin austeniittisillä teräksillä.

Lisäksi ferriittisten terästen mekaaniset ominaisuudet ovat selvästi huonommat kuin martensiittisillä ja austeniittisillä teräksillä.

20 Eräänä esimerkkinä seuraavassa taulukossa esitetään sarja ferriittisiä, martensiittisiä ja austeniittisiä ruostumattomia teräksiä ja vastaavat mekaaniset ominaisuudet (R_m).

	Ruostumaton teräs	Normioitu R_m , MPa
25 Ferriitti	AISI 430 (Z8 C17)	440 - 640
	AISI 430 F (Z20 CF 17)	440 - 640
Marten- siitti	AISI 420A (Z20 C13)	700 - 850
	AISI 420B (Z33 C13)	850 - 1000
	F 162PH (Z7CNU16-04)	930 - 1100
	(karkaistu)	
Austeniitti	AISI304 (Z6CNT 1810)	510 - 710

Terästen valmistuksessa, joilla on ferriittiset rakenteet, venytysrajat valssauslämpötiloissa ovat merkittävästi alhaisemmat kuin austeniittisilla teräksillä tai martensiittisilla teräksillä. Tästä johtuen valssaus suoritetaan suhteellisen alhaisissa lämpötiloissa.

Kuvaavana esimerkkinä venytysraja 1 100 °C:n valssauslämpötilassa ja deformaationopeudella 1 s⁻¹ on 110 MPa AISI 420 A -tyyppisellä martensiittisellä teräksellä ja 130 MPa AISI 304 -tyyppisellä austeniittisellä teräksellä, kun taas AISI 430 -tyyppisellä ferriittisellä teräksellä se on 30 MPa.

Teräksiä, joilla on ferriittinen rakenne, ei saateta karkaisu-jäähdytys- tai hyperkarkaisutyyppiseen nopeaan jäähdytykseen kuten martensiittiset tai austeniittiset teräkset. Toisaalta ne saatetaan yleensä hyvin määriteltäisiin linjan ulkopuolisiin lämpökäsittelyihin, jotka antavat niille niiden rakenteen. Linjan ulkopuolisten lämpökäsittelyjen tarkoituksena on myös tehdä kromialkuaine homogeeniseksi ja estää kromikarbidin syntyminen ja kromiköyhien vyöhykkeiden esiintyminen.

Esimerkiksi stabiloimattomilla ferriittirakenteilla 17 % kromia sisältävillä teräksillä on valssauksen jälkeen ferriittinen ja martensiittinen rakenne. Lämpökäsittely muuttaa toisaalta martensiitin ferriitiksi ja karbideiksi ja toisaalta jakaa kromin tasaisesti.

Ferriittisillä ruostumattomilla teräksillä on sovellutusalueellaan koneistettavuusongelmia, jotka ovat hyvin erilaisia kuin ne, joita esiintyy austeniittisen tai martensiittisen rakenteen omaavilla ruostumattomilla teräksillä.

Itse asiassa ferriittisten terästen päähaitta on lastun huono muotoutuminen. Ne tuottavat pitkiä ja toisiinsa sekoittuneita lastuja, joita on erittäin vaikea murskata. Näin ollen käyttöhenkilön on pysyttävä koneen lähellä työkalujen puhdistamista varten. Tämä haitta voi

johtaa korkeisiin kustannuksiin koneistustavoissa, joissa lastu on rajoitetussa tilassa, kuten esimerkiksi syvän reiän porauksessa tai poikkileikkaamisessa.

Eräs tapa ratkaista tämä ongelma on koneistaa suurella leikkuunopeudella lastun murskaamiseksi, mutta toisaalta leikkuunopeuden nosto lyhentää kriittisesti työkalujen elinikää ja toisaalta koneet eivät aina tee mahdolliseksi saavuttaa riittävän korkeita nopeuksia erityisesti, kun tuotetaan halkaisijaltaan pieniä osia, erityisesti ruuvien koneistuksessa.

Toinen ratkaisu, jota käytetään ferriittisten terästen koneistukseen liittyvien ongelmien lieventämiseen, on lisätä rikkiä niiden koostumukseen. Rikki muodostaa mangaanin kanssa mangaanisulfideja, joilla on edullinen vaikutus lastujen katkeamiseen ja sekundäärisesti työkalujen elinikään. Rikki kuitenkin huonontaa ferriittisen teräksen ominaisuuksia, erityisesti kuuma- ja kylmämuokattavuutta ja korroosionkestoa.

Mainitut ferriittiset teräkset sisältävät tavallisesti kromiitti- (Cr, Mn Al, Ti)O, alumiinioksidi- (AlMg)O tai silikaatti- (SiMn)O -tyyppisiä kovia sulkeumia, jotka kuluttavat leikkaavia työkaluja.

On osoitettu, että uudelleenrikitetyillä ferriittisillä teräksillä on hyvä koneistettavuus, mutta korroosionkeston lisäksi mekaaniset ominaisuudet poikkisuunnassa ovat suuresti huonontuneet.

Tämän keksinnön tavoitteena on saada aikaan ferriittinen teräs, jolla on parannettu koneistettavuus ja jolla on huomattavasti paremmat ominaisuudet kuin esimerkiksi uudelleenrikitetyillä ferriittisillä teräksillä, ja toisin sanoen saada aikaan koneistettava ferriittinen teräs, joka ei sisällä lainkaan tai sisältää vain vähän rikkiä.

Tämän keksinnön aiheena on ruostumaton teräs, jolla on ferriittinen rakenne ja parannettu koneistettavuus ja

jota voidaan käyttää erityisesti ruuvien koneistuksen alalla ja joka sisältää koostumuksessaan:

	- hiiltä	$\leq 0,17 \%$
	- piitä	$\leq 2 \%$
5	- mangaania	$\leq 2 \%$
	- kromia	$[11 - 20] \%$
	- nikkeliä	$< 1 \%$
	- rikkiä	$\leq 0,55 \%$
	- kalsiumia	$\geq 30 \times 10^{-4} \%$
10	- happea	$\geq 70 \times 10^{-4} \%$
	- molybdeenia	$< 3 \%$

kalsiumsisällön ja happisisällön välisen Ca/O-suhteen ollessa annettu rajoissa $0,2 \leq \text{Ca/O} \leq 0,6$. Edullisesti ferriittisen rakenteen omaava ruostumaton teräs sisältää

15	koostumuksessaan:	
	- hiiltä	$\leq 0,12 \%$
	- piitä	$\leq 2 \%$
	- mangaania	$\leq 2 \%$
	- kromia	$[15 - 19] \%$
20	- nikkeliä	$< 1 \%$
	- rikkiä	$\leq 0,55 \%$
	- kalsiumia	$\geq 35 \times 10^{-4} \%$
	- happea	$\geq 70 \times 10^{-4} \%$

kalsiumsisällön ja happisisällön välisen suhteen Ca/O ollessa välillä $0,35 \leq \text{Ca/O} \leq 0,6$.

Tämän keksinnön eräässä muodossa:

- ferriittisen rakenteen omaava ruostumaton teräs sisältää koostumuksessaan:

	- C	$\leq 0,08 \%$
30	- Si	$\leq 2,0 \%$
	- Mn	$\leq 2,0 \%$
	- Cr	$[15 - 19] \%$
	- Ni	$< 1 \%$
	- S	$\leq 0,55 \%$
35	- Ca	$\geq 35 \times 10^{-4} \%$
	- O	$\geq 70 \times 10^{-4} \%$

kalsiumsisällön ja happisisällön välisen suhteen Ca/O täytettäessä ehdon $0,35 \leq \text{Ca/O} \leq 0,6$.

Tämän keksinnön muut ominaispiirteet ovat:

- ferriittinen teräs sisältää 0,15 - 0,45 % rikkiä.

Tämän keksinnön toisessa muodossa:

- ferriittinen teräs sisältää alle 0,035 % rikkiä,
- ferriittinen teräs sisältää 0,05 - 0,15 % rikkiä.

- 10 Seuraava kuvaus ja liitteinä olevat piirroksot, jotka lähes kaikki on esitetty ei-rajoittavina esimerkkeinä, tekevät tämän keksinnön ymmärretyksi.

- 15 Kuviot 1 ja 2 edustavat kaaviota, joka esittää lastujen muotoa koneistusolosuhteiden funktiona samassa järjestyksessä tunnetulle uudelleenrikkittämättömälle ferriittiselle teräkselle AISI 430, jota on merkitty vertailuna A, ja austeniittiselle teräkselle AISI 304.

Kuvio 3 edustaa eri lastunmuotoja, jotka saadaan koneistuksesta ruuvikoneistettaessa eri metalleja.

- 20 Kuvio 4 on kolmiodiagrammi, joka määrittelee niiden taottavien oksidien koostumukset, jotka on lisätty tämän keksinnön mukaisen ferriittisen teräksen koostumukseen.

- 25 Kuviot 5 ja 6 edustavat diagrammia, joka esittää lastujen muotoja koneistusolosuhteiden funktiona samassa järjestyksessä tunnetulle ferriittiselle AISI 430F -teräkselle C ja tämän keksinnön mukaiselle uudelleenrikkitetylle ferriittiselle teräkselle S.

- 30 Kuvio 7 on diagrammi, joka edustaa kolmea tunnusomaista koneistettavuuden testauskäyrää, joista yksi vastaa viitteen A terästä ja kaksi muuta vastaavat kahta tämän keksinnön suojapiiriin kuuluvaa terästä C1 ja C2, jotka sisältävät hieman rikkiä.

- 35 Kuvio 8 edustaa diagrammia, joka esittää kaavamaisesti lastujen muotoa työkalun syötön ja koneistuksen

leikkaussyvyyden funktiona tämän keksinnön mukaiselle teräkselle C2.

Yleisesti ruostumattomien terästen koneistettavuuden alalla ja käytettyjen terästen eri rakenteiden funktiona esiintyvät ongelmat eivät osoittaudu vain erilaisiksi, vaan myös erityisen spesifisiksi. Ongelmilla, joita esiintyy koneistettaessa ferriittisiä teräksiä, ei ole mitään yhteyttä ongelmiin, joita esiintyy koneistettaessa austeniittisiä tai martensiittisiä teräksiä.

Esimerkiksi austeniittisilla ruostumattomilla teräksillä on se haitta, että ne työstökarkenevat ja kuluttavat hyvin nopeasti leikkaavat työkalut lastujen muodon ollessa huono, muttei verrattavissa ferriittisten terästen lastujen muotoon.

Kuviot 1 ja 2 edustavat kaaviota, joka esittää lastujen muotoa syötön ja koneistuksen leikkuussyvyyden funktiona, mitkä on määritetty samassa järjestyksessä uudelleenrikittämättömälle ferriittiselle AISI 430-teräkselle, joka vastaa vertailua A, ja austeniittiselle AISI 304-teräkselle.

Jotta kyettäisiin vertaamaan lastujen muotoja kuvio 3 on taulukko, jossa liitetään eri lastujen muotoihin numerotunnus, joka sisältää kaksi peräkkäistä numeroa ensimmäisen numeron määritellesä lastun eri yleiset kuvat, jotka muodostavat taulukon sarakkeet, kuten 1: nauhalastu; 2: putkimainen lastu; 3: spiraalinen lastu; 4: aluslaatta-tyyppinen kierteinen lastu; 5: kartiomainen, kierteinen lastu; 6: kaarimainen lastu; 7: peruslastu; 8: neulaslastu, ja toisen numeron määritellesä koko- ja muoto-ominaisuuden, joka on luokiteltu kussakin sarakkeessa, kuten 1: pitkä; 2: lyhyt; 3: sotkeutunut; 4: litteä; 5: kartiomainen; 6: yhteenliittynyt; 7: erillinen.

Martensiittisilla ruostumattomilla teräksillä on hyvät mekaaniset ominaisuudet, jotka kehittävät korkeat leikkuulämpötilat ja nopean työkalujen kulumisen.

Johtuen rakenteeltaan ferriittisten ruostumattomien terästen huonoista mekaanisista ominaisuuksista mainituilla teräksillä ei ole samoja koneistuksen ja leikkuutyökalujen kulumisen muotoja kuin martensiittisillä teräksillä.

5 On olemassa kaksi ferriittisen ruostumattoman teräksen tyyppiä riippuen niiden rikkisisällöstä:

- helppotyöstoiset teräkset, joiden rikkisisältö on välillä 0,15 - 0,55 %. Tällä terästyypillä, jota käytetään ruuvikoneistuksessa, on hyvä koneistettavuus, mutta korroosionkeston kustannuksella,

10 - standarditeräkset, joiden rikkisisältö on alle 0,035 %. Tällä terästyypillä on hyvä korroosionkesto, mutta se ei ole tai on tuskin koneistettavissa johtuen todella ruuvikoneistuksessa esiintyvistä vaikeuksista,

15 - teräksiä, joissa on keskisuuret määrät rikkiä, mikä vastaa pitoisuutta välillä 0,05 - 0,15 %, ei ole kaupallistettu. Syynä tähän on se, että niiden koneistettavuus paranee ainoastaan hyvin kohtalaisesti näillä rikkipitoisuuksilla verrattuna niinkutsuttuihin uudelleenrikitettyihin teräksiin. Ne eivät tarjoa todellista etua verrattuna haittaan, jona pysyy edelleen korroosionkeston huononeminen.

25 Tämän keksinnön mukaisesti ferriittinen ruostumaton teräs, jolla on parannettu koneistettavuus ja jota voidaan käyttää erityisesti ruuvikoneistuksen alalla, sisältää koostumuksessaan painosta alle 0,17 % hiiltä, alle 2 % piitä, alle 2 % mangaania, 11 - 20 % kromia, alle 1 % nikkeliä, alle 0,55 % rikkiä, yli 30×10^{-4} % kalsiumia ja yli 70×10^{-4} % happea, ja teräs saatetaan prosessoinnin jälkeen hehkutuskäsittelyyn ferriittirakenteen antamiseksi sille.

Nikkeli, jota on läsnä koostumuksessa johtuen teräksen teollisesta prosessoinnista, on vain jäännösalkuaine, jota haluttaisiin vähentää tai jopa eliminoida.

Kalsiumin ja hapen lisääminen hallitulla ja tarkoituksellisella tavalla suurina pitoisuuksina, jotka täyttävät suhdevaatimuksen $0,2 \leq \text{Ca/O} \leq 0,6$, edistää ferriitititeräksessä taottavien oksidien muodostumista, jotka on valittu $\text{Al}_2\text{O}_3/\text{SiO}_2/\text{CaO}$ -kolmiodiagrammista anortiitti/gehleniitti/pseudowollastonniittikolmoispisteen muodostaman vyöhykkeen sisällä, kuten kuviossa 4 on esitetty.

Kalsiumin ja hapen läsnäolo vähentää näin ollen kromiitti-, alumiinioksidi- ja silikaattityyppiä olevien kovien ja kuluttavien sulkeumien muodostumista.

On havaittu, että kalsiumiin ja happeen perustuvien oksidien lisääminen rakenteeltaan ferriittiseen teräkseen, mikä syrjäyttää olemassa olevia kovia oksideja, ei muuta millään tavoin ferriittisen teräksen muita ominaisuuksia koskien kuuma- tai kylmädeformaatiota tai jopa korroosionkestoa.

Vaikka uudelleenrikitetyillä ferriittisillä teräksillä on hyvä koneistettavuus rikin läsnäolon mainitun teräksen koostumuksessa saadessa aikaan lastun katkeamisen, yllättäen taottavien oksidien lisääminen teräksen rakenteeseen parantaa hämmästyttävästi koneistettavuutta.

Niinkutsutuilla taottavilla sulkeumilla, jotka sisältyvät niinikään taottavaan teräkseen, ei voi olla samaa käyttäytymistä kuin taottavilla sulkeumilla ei-taottavassa, rakenteeltaan austeniittisessä tai martensiittisessä teräksessä.

Syynä tähän on, että ferriittisten terästen valssauslämpötilat ovat alhaisemmat kuin rakenteeltaan muiden terästen valssauslämpötilat ja ferriittisten terästen venytysraja pysyy hyvin alhaisena näissä valssauslämpötiloissa.

Johtuen venytysrajojen alhaisesta arvosta on todella odottamatonta, että niinkutsutut taottavat oksidit kykenevät deformatumaan vaikuttaakseen lastun muotoon ja käyttäytymiseen koneistuksessa.

Kuviot 5 ja 6 esittävät diagrammia, joka kuvaa lastujen muotoa työkalun syötön ja koneistuksen leikkuussyvyyden funktiona määritettynä samassa järjestyksessä vertailuteräkselle C, joka on uudelleenrikitettyä AISI 430F -tyyppiä, ja tämän keksinnön mukaiselle uudelleenrikitettylle teräkselle S.

Vertailuteräksen C koostumus esitetään taulukossa 1.

Taulukko 1

Teräs	C	Si	Mn	Ni	Cr
Vert. C	0,062	0,505	0,680	0,273	16,1
Teräs	Mo	Cu	S	P	N ₂
Vert. C	0,214	0,091	0,298	0,022	0,037

Tämän keksinnön mukaisen teräksen S koostumus esitetään taulukossa 2.

Taulukko 2

Teräs	C	Si	Mn	Ni	Cr	Mo	Cu
S	0,059	0,523	0,610	0,323	16,1	0,221	0,151
Teräs	S	P	N ₂	Ca (ppm)	O ₂ (ppm)	Ca/O	
S	0,293	0,021	0,035	57	141	0,40	

Tämän keksinnön mukaisella teräksellä lastun poistoilmiö on hyvin erikoinen. Vaikka lastussa ei ole mitään merkittävää, katkeaminen lisääntyy merkittävästi.

Kalsiumia ja happea on lisätty myös hallitulla tavalla ferriittiseen teräkseen, jonka koostumuksessa rikkinen sisältö on alle 0,035 %.

Tämän keksinnön mukaiset teräkset voivat sisältää myös alle 3 % molybdeenia, alkuainetta, joka parantaa korroosionkestoa. On havaittu, että tämän keksinnön mukaisella, rakenteeltaan ferriittisellä teräksellä, joka ei sisällä lainkaan tai sisältää hyvin vähän rikkiä, on suures-
 5 ti parantunut koneistettavuus siten, että tätä terästä voidaan käyttää teollisesti ruuvikoneistuksessa samalla, kun sillä on yhä hyvä korroosionkesto.

Eräässä sovellutusesimerkissä suoritetaan koneis-
 10 tettavuusvertailu uudelleenrikittämättömän ferriittisen teräksen, joka ei sisällä anortsiitti-, gehleniitti- ja pseudo-wollastoniittityypin oksidia, vertailu A, ja kahden tämän keksinnön suojapiiriin kuuluvan teräksen C1 ja C2 välillä. Taulukossa 3 esitetään vertailuteräksen A koostumus. Taulukossa 4 esitetään tämän keksinnön suojapiiriin
 15 kuuluvien terästen C1 ja C2 koostumus.

Taulukko 3

20	Teräs	C	Si	Mn	Ni	Cr
	Vert. A	0,058	0,356	0,514	0,212	16,35
	Teräs	Mo	Cu	S	P	N ₂
	Vert. A	0,226	0,021	0,0114	0,019	0,046

25

Taulukko 4

Teräs	C	Si	Mn	Ni	Cr	Mo	Cu
C1	0,059	0,380	0,461	0,153	16,53	0,229	0,022
C2	0,066	0,523	0,487	0,205	16,19	0,241	0,021
Teräs	S	P	N ₂	Ca (ppm)	O ₂ (ppm)	Ca/O	
C1	0,0093	0,017	0,052	13	197	0,07	
C2	0,0097	0,017	0,048	50	142	0,28	

Kuviossa 7 esitetyssä koneistettavuuskokeessa havaitaan vertailuteräksen A, teräksen C1 ja teräksen C1 koneistuksen aikana pinnoitetun karbidityökalun erilaiset kulumisnopeudet. Koe suoritetaan ilman voitelua, jotta se olisi ankarampi. Havaitaan työkalun kyljen kulumisen vähentämistä, kun verrataan vertailuterästä A (käyrä A) tämän keksinnön mukaiseen teräkseen C1 (käyrä C1) ja teräkseen C2 (käyrä C2).

Itse asiassa johtuen teräksen C1 koostumuksesta se ei sisällä tarpeeksi niinkutsuttuja anortiitti-, gehleeniitti- ja pseudo-wollastoniittityypin taottavia oksideja johtuen kalsiumin puuttumisesta metallista. Sitä paitsi kuvion 8 diagrammista havaitaan, että tämän keksinnön mukaisella teräksellä C2 on merkittävästi suurempi lastun katkaisuvyöhyke kuin vertailuteräksellä A ja se on jopa lähellä vertailuteräksen C katkaisuvyöhykettä, joka teräs on uudelleenrikitetty ferriittinen teräs.

Mitä tulee teräksiin, joilla on keskisuuret rikkipitoisuudet, jotka ovat välillä 0,05 - 0,15 %, havaitaan, että tämän keksinnön mukaisilla teräksillä on koneistettavuus, joka on verrattavissa uudelleenrikitettyjen terästen koneistettavuuteen samalla, kun niillä on yhä parempi korroosionkesto.

Muussa sovellutuksessa on osoittautunut, että niin kutsuttujen taottavien oksidien läsnäololla ferriittisessä teräksessä on erityisiä etuja.

5 Syynä tähän on, että taottavat oksidit kykenevät deformatumaan valssauksen suunnassa, kun taas kovilla oksideilla, joita ne korvaavat on rakeinen muoto.

Halkaisijaltaan pienten ferriittisten terästankojen langanvedon alalla tämän keksinnön mukaiset valitut sulkeumat vähentävät näin ollen vedetyn langan katkeamistaajuutta.
10

Teräsvillan valmistuksen alalla, jossa käytetään ferriittisistä ruostumattomista teräksistä valmistettua lankaa kovat sulkeumat, jotka kuluttavat nopeasti loppuun höyläystyökalut, aiheuttavat niiden rakeisesta muodosta johtuen huomattavan määrän katkeamisia, mikä huonontaa teräsvillan laatua.
15

Tämän keksinnön mukaisesti ferriittisillä ruostumattomilla teräksillä, jotka ovat taottavia sulkeumia sisältävien lankojen muodossa ja jotka saatetaan höyläykseen, on ominaisuudet, jotka takaavat teräsvillasäikeiden muodostumisen, joilla on suurempi keskipituus ja jotka sallivat höyläämisen paljon pienemmällä jäännöslankamäärällä, mikä mahdollistaa materiaalisäästön.
20

Muulla sovellutusalueella, esimerkiksi kiillotusoperaatioissa kovat sulkeumat ovat uponneena ferriittiseen teräkseen ja aiheuttavat pintaauria.
25

Tämän keksinnön mukainen ferriittinen teräs, joka sisältää taottavia sulkeumia, voidaan kiillottaa paljon helpommin, jolloin saadaan parannettu kiillotettu pinnan viimeistely.
30

Patenttivaatimukset

1. Ruostumaton teräs, jolla on ferriittinen rakenne ja parannettu koneistettavuus ja jota voidaan käyttää erityisesti ruuvikoneistukseen alalla, tunnettu siitä, että se sisältää koostumuksessaan:

C $\leq$ 0,17 %
Si $\leq$ 2,0 %
Mn $\leq$ 2,0 %
10 Cr [11 - 20] %
Ni $<$ 1 %
S $\leq$ 0,55 %
Ca $\geq$ 30×10^{-4} %
O $\geq$ 70×10^{-4} %
15 Mo $<$ 3 %

kalsiumpitoisuuden ja happipitoisuuden välisen suhteen Ca/O ollessa määritelty ehdolla $0,2 \leq \text{Ca/O} \leq 0,6$.

2. Patenttivaatimuksen 1 mukainen rakenteeltaan ferriittinen teräs, tunnettu siitä, että se sisältää koostumuksessaan:

C $\leq$ 0,12 %
Si $\leq$ 2,0 %
Mn $\leq$ 2,0 %
Cr [15 - 19] %
25 Ni $<$ 1 %
S $\leq$ 0,55 %
Ca $\geq$ 35×10^{-4} %
O $\geq$ 70×10^{-4} %

kalsiumpitoisuuden ja happipitoisuuden välisen suhteen Ca/O toteuttaessa suhteen: $0,35 \leq \text{Ca/O} \leq 0,6$.

3. Patenttivaatimusten 1 ja 2 mukainen, rakenteeltaan ferriittinen ruostumaton teräs, tunnettu siitä, että se sisältää koostumuksessaan:

C $\leq$ 0,08 %
35 Si $\leq$ 2,0 %
Mn $\leq$ 2,0 %

Cr [15 - 19] %

Ni < 1 %

S ≤ 0,55 %

Ca ≥ 35 x 10⁻⁴ %

5 O ≥ 70 x 10⁻⁴ %

kalsiumpitoisuuden ja happipitoisuuden välisen suhteen
Ca/O toteuttaessa suhteen: $0,35 \leq \text{Ca/O} \leq 0,6$.

4. Patenttivaatimusten 1 ja 3 mukainen rakenteel-
taan ferriittinen teräs, t u n n e t t u siitä, että se
10 sisältää alle 0,035 % rikkiä.

5. Patenttivaatimusten 1 ja 3 mukainen rakenteel-
taan ferriittinen teräs, t u n n e t t u siitä, että se
sisältää 0,15 - 0,45 % rikkiä.

6. Patenttivaatimusten 1 ja 3 mukainen rakenteel-
15 taan ferriittinen teräs, t u n n e t t u siitä, että se
sisältää 0,05 - 0,15 % rikkiä.

7. Patenttivaatimusten 1 - 6 mukainen, rakenteel-
taan ferriittinen teräs, t u n n e t t u siitä, että se
sisältää anortiitti- ja/tai pseudo-wollastoniitti- ja/tai
20 gehleniittityypin piidioksidi/alumiinioksidi/kalsiumoksi-
disulkeumia.

Patentkrav

1. Rostfritt stål med en ferritisk struktur och förbättrad maskinell bearbetbarhet och som kan användas
5 speciellt inom skruvmaskinernas område, kännetecknat av att det innehåller i sin komposition:

$C \leq 0,17 \%$,

$Si \leq 2,0 \%$

$Mn \leq 2,0 \%$

10 $Cr [11-20] \%$

$Ni < 1 \%$

$S \leq 0,55 \%$

$Ca \geq 30 \times 10^{-4} \%$

$O \geq 70 \times 10^{-4} \%$

15 $Mo < 3 \%$

varvid förhållandet Ca/O mellan kalciumhalten och syrehalten har definierats med villkoret $0,2 \leq Ca/O \leq 0,6$.

2. Stål med ferritisk struktur enligt patentkrav 1, kännetecknat av att det innehåller i sin komposition:
20 tion:

$C \leq 0,12 \%$,

$Si \leq 2,0 \%$

$Mn \leq 2,0 \%$

$Cr [15-19] \%$

25 $Ni < 1 \%$

$S \leq 0,55 \%$

$Ca \geq 35 \times 10^{-4} \%$

$O \geq 70 \times 10^{-4} \%$

varvid förhållandet Ca/O mellan kalciumhalten och syrehalten förverkligar villkoret $0,35 \leq Ca/O \leq 0,6$.

3. Rostfritt stål med ferritisk struktur enligt patentkraven 1 och 2, kännetecknat av att det innehåller i sin komposition:

$C \leq 0,08 \%$,

35 $Si \leq 2,0 \%$

$Mn \leq 2,0 \%$

Cr [15-19] %

Ni < 1 %

S ≤ 0,55 %

Ca ≥ 35 x 10⁻⁴ %

5 O ≥ 70 x 10⁻⁴ %

varvid förhållandet Ca/O mellan kalciumhalten och syrehalten förverkligar villkoret $0,35 \leq \text{Ca/O} \leq 0,6$.

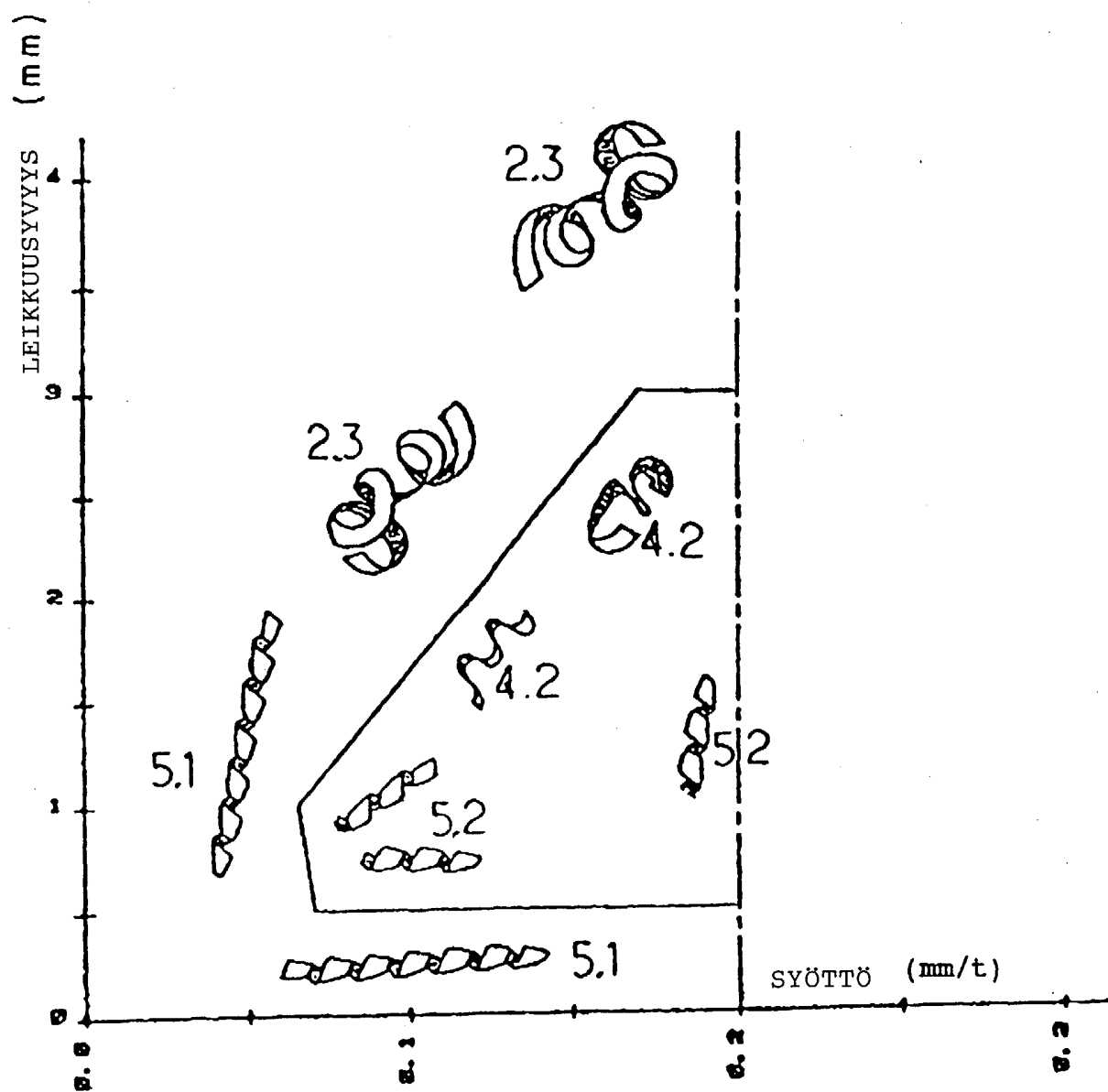
4. Stål med ferritisk struktur enligt patentkraven 1 och 3, kännetecknat av att det innehåller under
10 0,035 % svavel.

5. Stål med ferritisk struktur enligt patentkraven 1 och 3, kännetecknat av att det innehåller 0,15-0,45 % svavel.

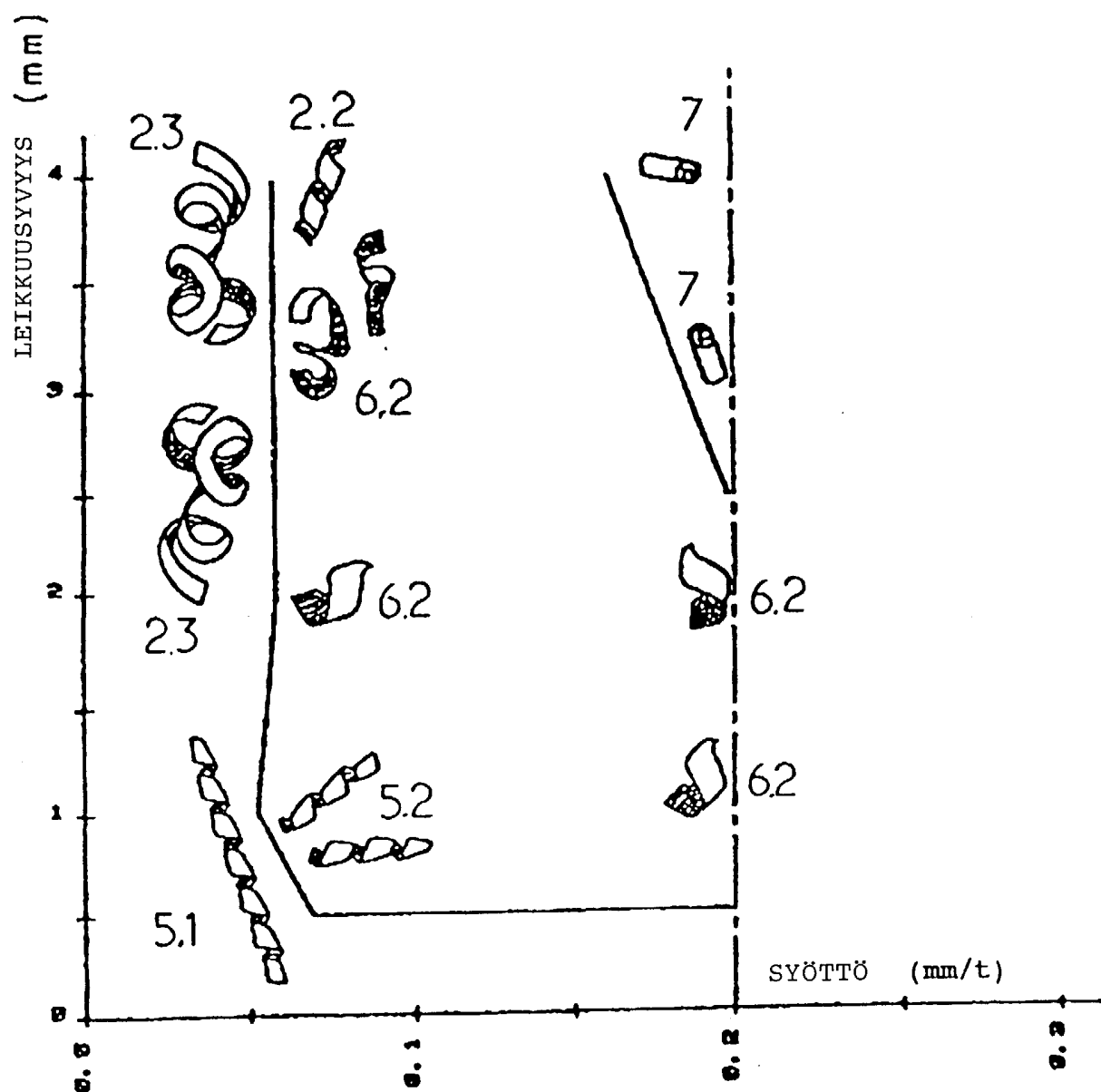
6. Stål med ferritisk struktur enligt patentkraven
15 1 och 3, kännetecknat av att det innehåller 0,05-0,15 % svavel.

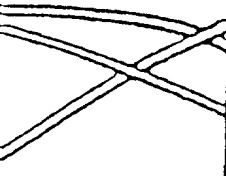
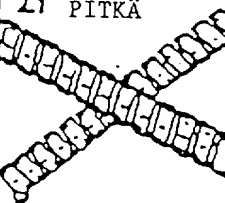
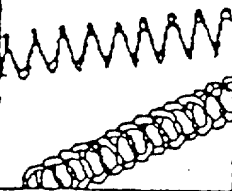
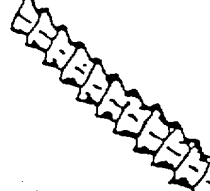
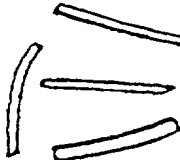
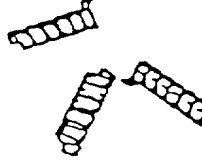
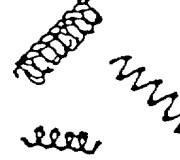
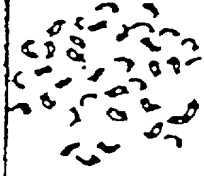
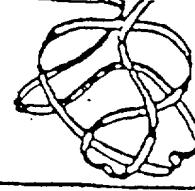
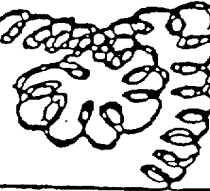
7. Stål med ferritisk struktur enligt patentkraven 1-6, kännetecknat av att det innehåller kiseldioxid/aluminiumoxid/kalciumoxidinneslutningar av anortit-
20 och/eller pseudo-wollastonit- och/eller gehlenittyp.

1/8

FIG. 1

2/8

FIG. 2

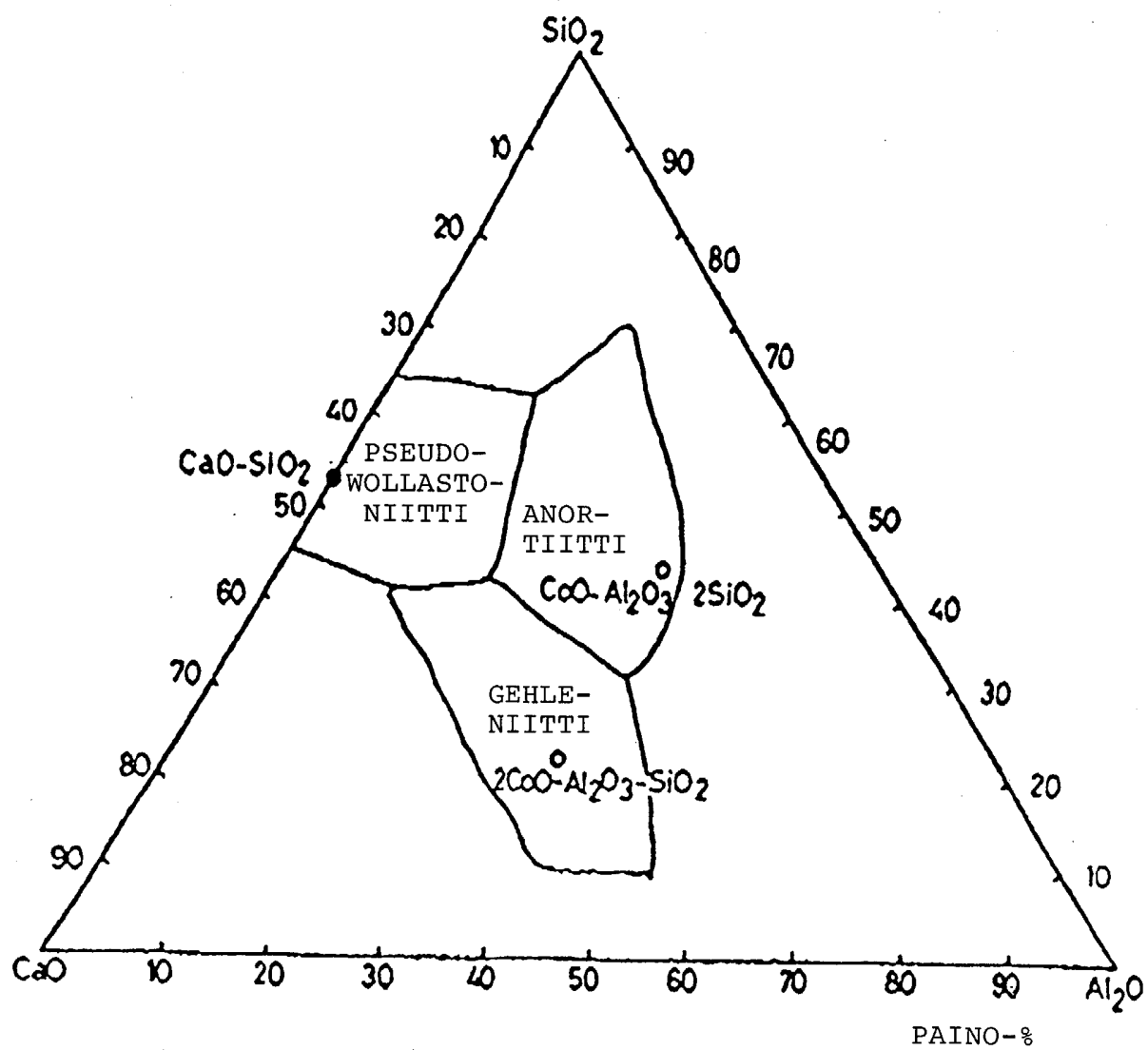
1 NAUHA - LASTU	2 PUTKIMAINEN LASTU	3 SPIRAALI- LASTU	4 ALUSLEVYTYYP- PINEN KIERTEI- NEN LASTU	5 KARTIOMAINEN KIERTEINEN LASTU	6 KAARIMAINEN LASTU	7 PERUS- LASTU	8 NEULAS- LASTU
1.1 PITKÄ 	2.1 PITKÄ 	3.1 LITTEÄ 	4.1 PITKÄ 	5.1 PITKÄ 	6.1 KIINNITTY- NYT 		
1.2 LYHYT 	2.2 LYHYT 	3.5 KARTIOMAINEN 	4.2 LYHYT 	5.2 LYHYT 	6.2 ERILLINEN 		
1.3 KIETOUTUNUT 	2.3 KIETOUTUNUT 		4.3 KIETOUTUNUT 	5.3 KIETOUTUNUT 			

3/8

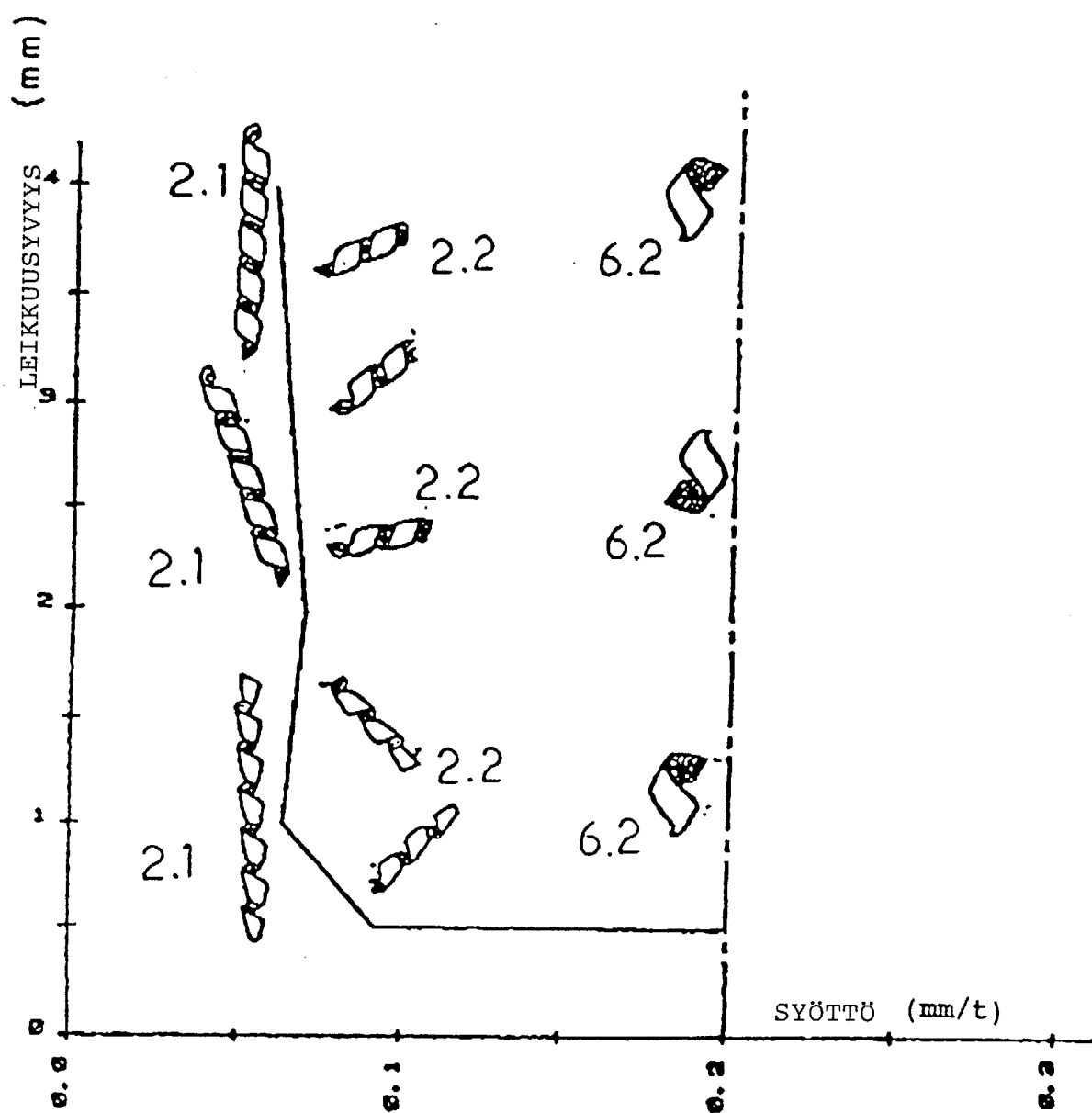
FIG. 3

111557

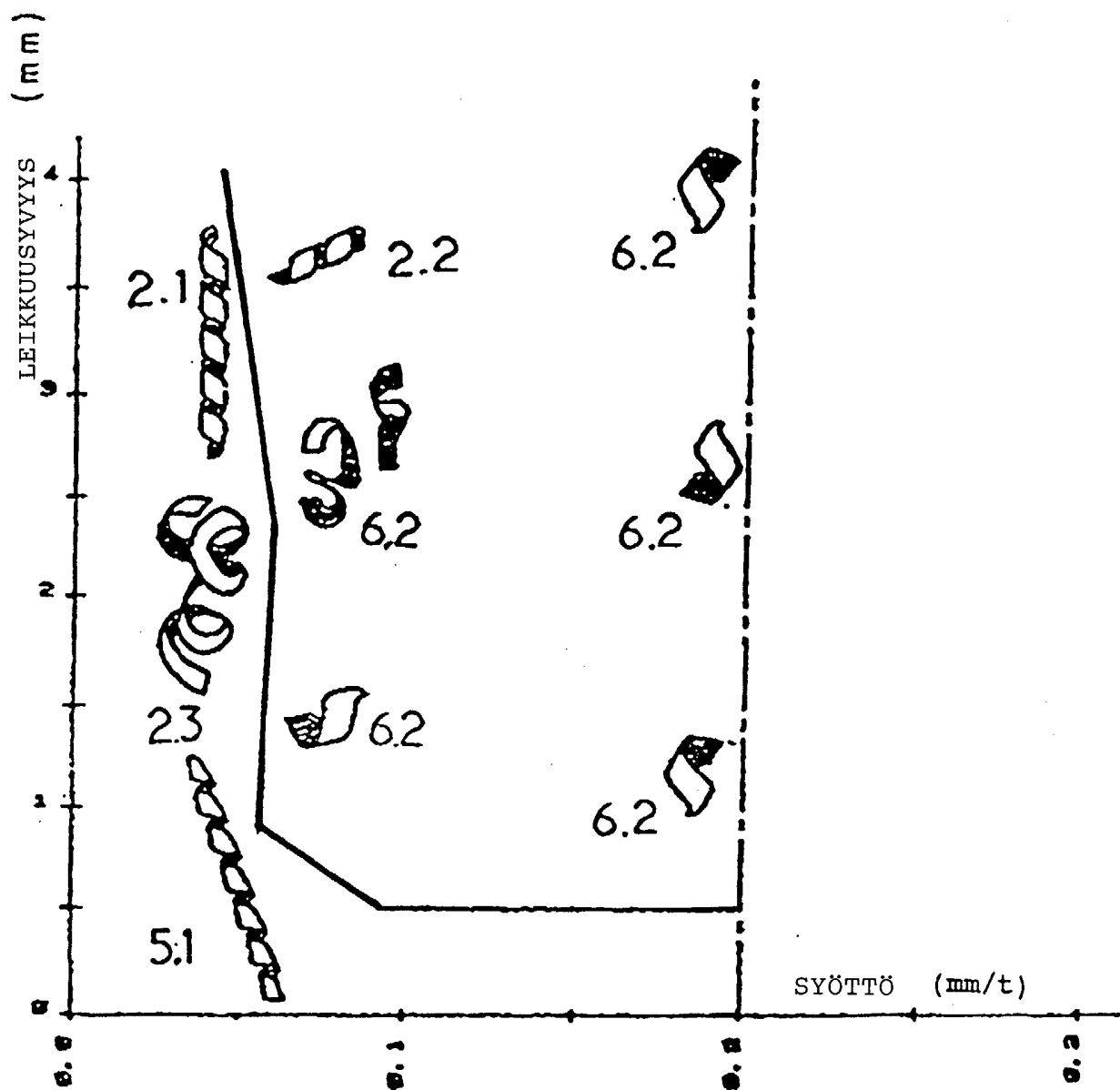
4/8

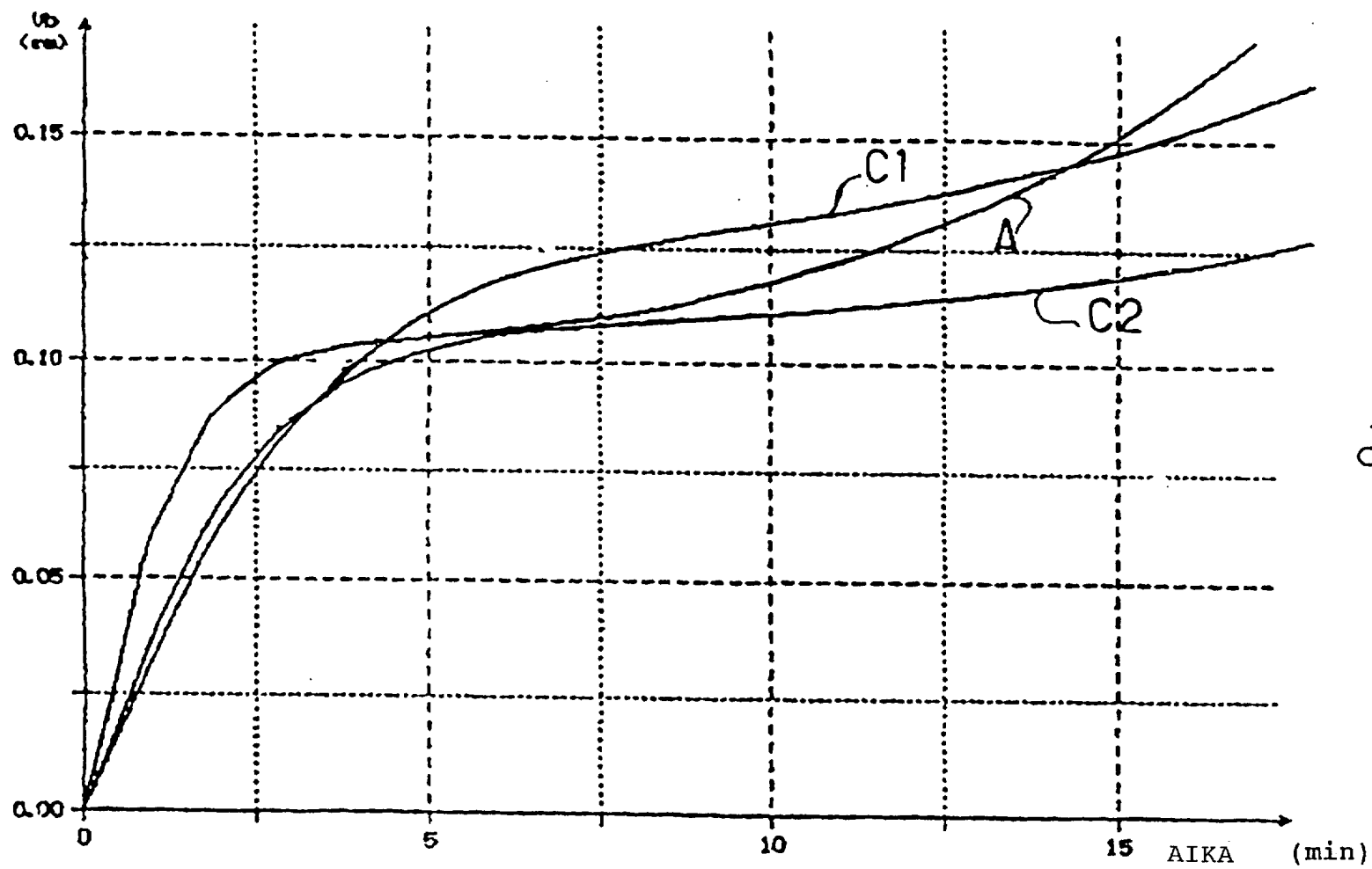
FIG. 4

5/8

FIG. 5

6/8

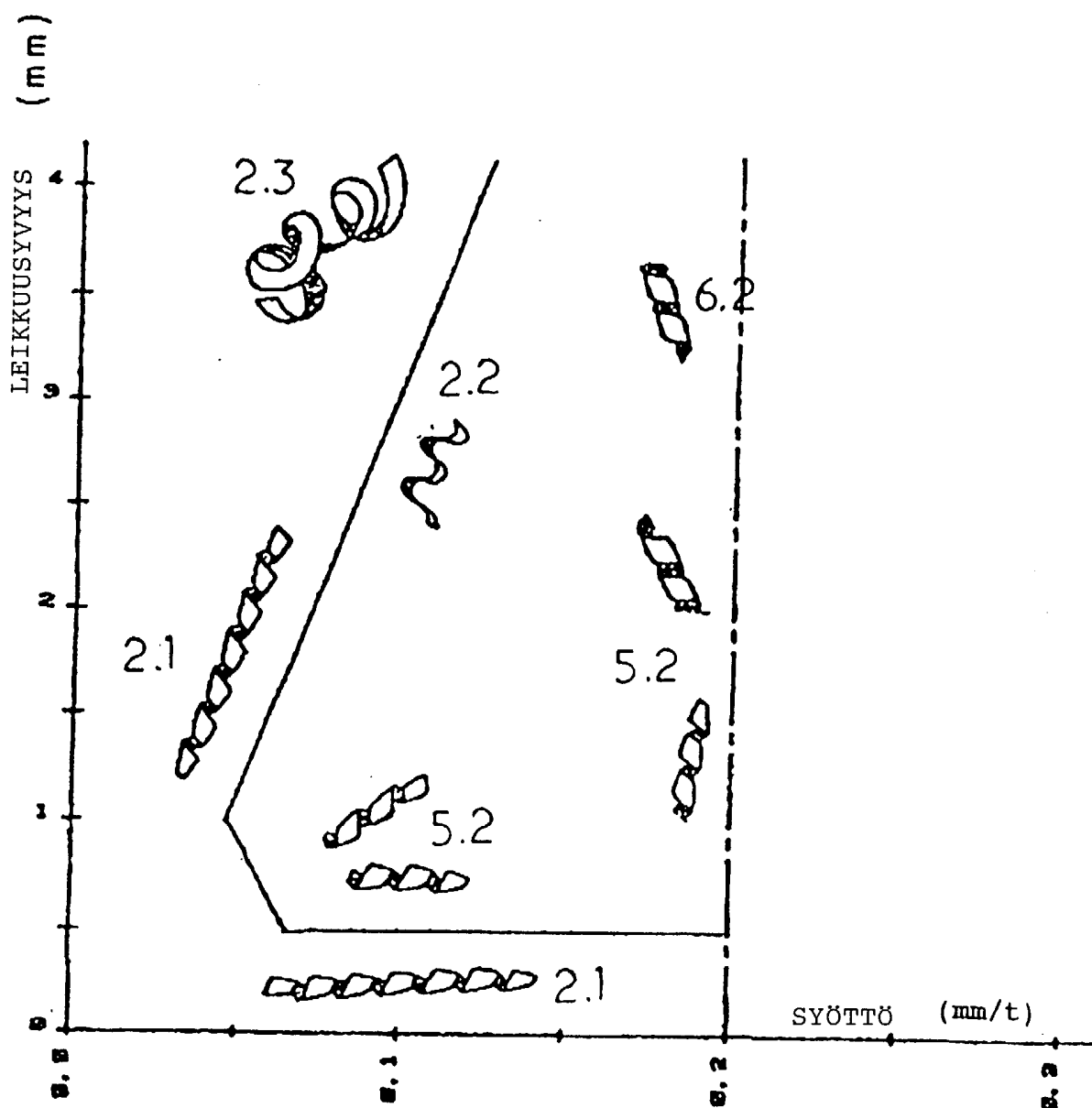
FIG.6



7/8

FIG.7

8/8

FIG.8