

(19)



Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets



(11)

EP 1 129 803 A2

(12)

EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(43) Veröffentlichungstag:
05.09.2001 Patentblatt 2001/36

(51) Int Cl.7: **B22F 3/16**

(21) Anmeldenummer: **01890047.2**

(22) Anmeldetag: **23.02.2001**

(84) Benannte Vertragsstaaten:
**AT BE CH CY DE DK ES FI FR GB GR IE IT LI LU
MC NL PT SE TR**
Benannte Erstreckungsstaaten:
AL LT LV MK RO SI

(72) Erfinder: **Wilmes, Siegfried, Dipl.-Ing.
40670 Meerbusch (DE)**

(74) Vertreter: **Wildhack, Helmut, Dr. Dipl.-Ing.
Patentanwälte Wildhack-Jellinek,
Landstrasser Hauptstrasse 50
1030 Wien (AT)**

(30) Priorität: **03.03.2000 AT 3492000**

(71) Anmelder: **Böhler-Uddeholm Aktiengesellschaft
1030 Wien (AT)**

(54) **Pulvermetallurgisch hergestelltes Material mit verbesserter Isotropie der mechanischen Eigenschaften**

(57) Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur pulvermetallurgischen Herstellung von verbesserter Isotropie der mechanischen Eigenschaften aufweisendem Material mit rechteckigem oder flachelliptischem Querschnitt, sogenannten Breit-Flach-Material, insbesondere Vormaterial für die Herstellung von Schneid-, Stanz- und Umformwerkzeugen, bei welchem Verfahren ein mit Gas hergestelltes, insbesondere mit Stickstoff verdüstertes Pulver einer Legierung in eine Kapsel eingebracht, verdichtet und diese, gegebenenfalls nach einem Evakuieren, verschlossen wird, wonach ein Erwärmen und isostatisches Pressen (HIP-en) der Pulverkapsel erfolgen und der derart hergestellte heißisostatisch gepreßte Rohling einer Verformung durch Schmieden und/oder Walzen unterworfen wird.

Um in Dickenrichtung des Querschnittes bei einer Längsbeanspruchung hohe Zähigkeitseigenschaften zu erzielen, ist erfindungsgemäß vorgesehen, daß ein Rohling mit einer derart rechteckigen oder flachelliptischen Querschnittsform erstellt und einer Umformung unterworfen wird, daß bei dieser der Unterschied zwi-

schen der Verformung in Richtung der Breite und der Verformung in Dickenrichtung des Querschnittes des Breit-Flach-Materials höchstens das 2-fache, vorzugsweise höchstens das 1,5-fache des niedrigeren Verformungswertes beträgt oder daß der heißisostatisch gepreßte Rohling in Richtung der Längserstreckung einer Stauchumformung mit einem mindestens zweifachen Stauchgrad unterworfen wird, wonach eine Reckumformung des gestauchten Rohlings unter Ausformung des Breit-Flach-Materials erfolgt, oder daß der heißisostatisch gepreßte Rohling einer Diffusionsglühbehandlung mit einer höchsten Temperatur von 20°C unterhalb der Solidustemperatur der Legierung und einer Mindestglühdauer von 4 Stunden unterworfen wird, wonach dieser durch Reckumformung zu einem Breit-Flach-Material geschmiedet und/oder gewalzt wird.

Ein erfindungsgemäß hergestelltes Material ist dadurch gekennzeichnet, daß die Zähigkeit des Werkstoffes gemessen in jeglicher Richtung, insbesondere in Dickenrichtung des Querschnittes des Materials, größer ist als jene des Werkstoffes im heißisostatisch gepreßten umverformten Zustand.

EP 1 129 803 A2

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur pulvermetallurgischen Herstellung von verbesserte Isotropie aufweisendem Material mit rechteckigem oder flachelliptischem Querschnitt, sogenannten Breit- Flach- Material, insbesondere Vormaterial für die Herstellung von Schneid- und Stanzwerkzeugen, bei welchem ein mit Gas hergestelltes, insbesondere mit Stickstoff verdühtes Pulver einer Legierung in eine Kapsel eingebracht, verdichtet und diese gegebenenfalls nach einem Evakuieren verschlossen wird, wonach ein Erwärmen und isostatisches Pressen (HIP-en) der Pulverkapsel erfolgen und der derart hergestellte heißisostatisch gepreßte Rohling einer Verformung durch Schmieden und/oder Walzen unterworfen wird.

[0002] Weiters umfaßt die Erfindung ein pulvermetallurgisch hergestelltes Material mit rechteckigem oder flachelliptischem Querschnitt, sogenanntes Breit-Flach-Material mit einer Breite, die mindestens das 3,1-fache der Dicke beträgt und einen Verformungsgrad von mindestens 2-fach aufweist, insbesondere hergestellt nach einem der vorgenannten Verfahren.

[0003] Bei der Erstarrung von Legierungen treten zu meist Entmischungen auf, deren Ausgleich oder Auflösung durch Diffusion bei ledeburitischen Stählen nicht möglich ist. Die Größe der aus der Schmelze ausgeschiedenen Phasen bzw. Körner hängt dabei von der Bildungs- bzw. Erstarrungszeit ab.

[0004] In herkömmlich mittels Blockgusses hergestellten ledeburitischen Werkzeugstählen beispielsweise können im Gußzustand grobe primäre Karbide und ein Karbidnetzwerk vorliegen. Werden diese Gußstücke oder Blöcke einer Warmumformung unterworfen, so werden die mechanischen Materialeigenschaften zwar verbessert, jedoch hängt das Ausmaß der Verbesserung von der Beanspruchungsrichtung ab. Es ist dabei durchaus möglich, daß mittels Schlagbiegeproben quer zur Verformungsrichtung lediglich 25 bis 30% der Schlagbiegearbeitswerte im Vergleich mit jenen, gemessen in Verformungsrichtung, ermittelt werden. Diese Richtungsabhängigkeit der Werkstoffzähigkeit läßt sich mit einer, auch mikroskopisch nachweisbaren ausgeprägten Karbidzeilenstruktur im herkömmlich hergestellten Material erklären.

[0005] Um weitgehend isotrope mechanische Materialeigenschaften zu erreichen, wurden Verfahren zur pulvermetallurgischen Herstellung von Werkstücken entwickelt. Dabei erfolgt eine Zerteilung eines flüssigen Metallstromes, insbesondere durch Gasströmungen mit hoher Geschwindigkeit und Energie, zu Tröpfchen, wonach die Tröpfchen in kurzer Zeit erstarren. In den einzelnen Pulverkörnern mit einem Durchmesser in der Regel von kleiner als 0,3 mm sind die gebildeten Gefügephasen der äußerst kurzen Erstarrungszeit wegen homogen verteilt und äußerst fein. Das derart erstellte Pulver wird sodann in eine Kapsel eingebracht, diese verschlossen und anschließend hoher Temperatur und ho-

hem allseitigen Druck ausgesetzt, wobei sich die Pulverkörner metallisch verbinden bzw. das Pulver verschweißt oder sintert. Dieser Vorgang wird Heiß - Isostatisches Pressen (HIP-en) genannt.

[0006] Ein derart pulvermetallurgisch hergestelltes Material (PM-Material) kann unverformt eingesetzt oder zur Anhebung der mechanischen Eigenschaften verformt werden.

[0007] Bei Teilen aus karbidreichen Werkzeugstählen erwartet man durch die PM-Herstellung eine feine homogene Mikrostruktur, was durch Gefügebilder, die nahezu vollkommen gleichmäßig verteilte Karbide einheitlicher geringer Größe zeigen, bestätigt wird, und auf Grund dieser Struktur keine nennenswerte Richtungsabhängigkeit der mechanischen Eigenschaften im verformten Material. Wohl wurde über Zähigkeitsunterschiede des Werkstoffes in Verformungsrichtung und quer dazu berichtet, diese Unterschiede betragen aber höchstens 8 bis 20 % und wurden bisher im wesentlichen auf den nicht völlig vermeidbaren Gehalt an nichtmetallischen Einschlüssen und eine sogenannte Faserstruktur zurückgeführt.

[0008] Pulvermetallurgisch hergestellte Schneid- und Stanzwerkzeug, wie Matrizen, Stempel und dergleichen, mit rechteckiger flacher Querschnittsform zeigten im praktischen Einsatz teilweise nur eine geringe Lebensdauer; es traten völlig unerwartet Schadensfälle durch Werkzeugbrüche auf. Umfangreiche Untersuchungen der mechanischen Eigenschaften, insbesondere der Hauptbeanspruchung entsprechend die der Schlagzähigkeit des Materials, erfolgten an sogenannten Breit-Flach-Stäben. Dabei wurden die Proben dem Stab in Längs-, Quer- und Dickenrichtung entnommen und die jeweils richtungsorientierten Proben mit um 90° zueinander versetzten brucherzeugenden Schlägen geprüft. Die Bezeichnung und die Lage der Proben sind nachfolgender Tabelle und Fig. 1 zu entnehmen. Es bedeuten:

40	L-S Probe in Längsrichtung, Schlag auf die Flachseite in Dickenrichtung
	L-T Probe in Längsrichtung, Schlag auf die Schmalseite in Breitenrichtung
	T-L Probe in Breitenrichtung, Schlag auf die Stirnseite in Längsrichtung
45	T-S Probe in Breitenrichtung, Schlag auf die Flachseite in Dickenrichtung
	S-L Probe in Dickenrichtung, Schlag auf die Stirnseite in Längsrichtung
50	S-T Probe in Dickenrichtung, Schlag auf die Schmalseite in Breitenrichtung

[0009] Untersuchungen an Breit-Flach-Material (380 x 55 mm) aus Schnellarbeitsstahl (HS 6-5-3) brachten folgendes Ergebnis in % im Vergleich mit der Schlagarbeit bei

L-S-Erprobung.

L-S 100%
 L-T 100%
 T-S 80%
 T-L 80%
 S-T 25%
 S-L 25%

[0010] Die äußerst geringe Biegebruchzähigkeit von pulvermetallurgisch hergestelltem Breit-Flach-Material in Dickenrichtung war für die Fachwelt vollkommen unerwartet und unbekannt, erklärten aber die vorher erwähnten Werkzeugbrüche. In wissenschaftlichen Untersuchungen wurde ein sogenanntes Fasermodell entwickelt, dessen Wirksamkeit auf Bindungsfehlern und Entmischungen an der Grenzfläche der verdüsten und verformten Partikel beruht. Dem entgegen steht jedoch eine absolute Gleichförmigkeit und Reinheit des Vormaterials aus dem Verdünnungs- und HIP- Prozeß, welches eine Faserstruktur nicht erwarten und - bei der in der Regel dunkel geätzten Matrix zur Darstellung der Karbidanordnung und Karbidgröße- nicht erkennen läßt.

[0011] Bei weiteren mikroskopischen Erprobungen wurden Gefügebereiche mit unterschiedlicher Anätzung im Vergleich mit den übrigen Bereichen des Materials gefunden, die die Fasertheorie stützen. Ein Gefüge mit groben, dem Verformungsprozeß angepaßten Körnern war aber metallographisch nicht nachweisbar.

[0012] Die Erfindung setzt sich nun zum Ziel, Verfahren der eingangs genannten Art zu schaffen, mittels welcher eine verbesserte Isotropie der mechanischen Eigenschaften, insbesondere eine Erhöhung der Schlagzähigkeit und Biegebruchzähigkeit in Dickenrichtung von Breit-Flach-Material von verformten PM-Werkstücken erreicht wird. Weiters ist Aufgabe der Erfindung die Angabe eines Gegenstandes gemäß dem Oberbegriff des Anspruches 4.

[0013] Das Ziel wird erfindungsgemäß dadurch erreicht, daß ein Rohling mit einer derart rechteckigen oder flachelliptischen Querschnittsform erstellt und einer Umformung unterworfen wird, daß bei dieser der Unterschied zwischen der Verformung in Richtung der Breite und der Verformung in Dickenrichtung des Querschnittes des Breit-Flach-Materials höchstens das 2-fache, vorzugsweise höchstens das 1,5-fache des niedrigeren Verformungswertes beträgt.

[0014] Gemäß der Erfindung wird obiges Ziel auch erreicht, wenn der heißisostatisch gepreßte Rohling in Richtung der Längserstreckung einer Stauchumformung mit einem mindestens zweifachen Stauchgrad unterworfen wird, wonach eine Reckumformung des gestauchten Rohlings unter Ausformung des Breit-Flach-Materials erfolgt.

[0015] Ein weiterer Weg zum Erreichen des eingangs genannten Zieles besteht darin, daß der heißisostatisch gepreßte Rohling einer Diffusionsglühbehandlung mit einer höchsten Temperatur von 20°C unterhalb der Solidustemperatur der Legierung und einer Mindestglühdauer von 4 Stunden unterworfen wird, wonach dieser

durch Reckumformung zu einem Breit-Flach-Material geschmiedet und/oder gewalzt wird.

[0016] Der Vorteil des erfindungsgemäßen Verfahrens ist insbesondere darin zu sehen, daß die Wirksamkeit der die Zähigkeitseigenschaften nachteilig beeinflussenden Bereiche im Werkstoff herabgesetzt wird. Das Entstehen dieser Bereiche ist wissenschaftlich noch nicht geklärt, auch warum diese Zonen im Werkstoff die mechanischen Eigenschaften nachteilig beeinflussen, kann mit Sicherheit noch nicht gedeutet werden, weil in diesen Bereichen oder Zonen die in einer Schliifferprobung dunkler angeätzt werden, eine eher feinere globulitische Karbidstruktur vorliegt.

[0017] Wird jedoch, wie erfindungsgemäß vorgesehen, der Rohling mit einer Querschnittsform erstellt, die bei der nachfolgenden Umformung einen Unterschied der Verformungsgrade in Breiten- und Dickenrichtung von höchstens 2-fach erfordert, liegen in diesen Richtungen geringe Abweichungen der mechanischen Eigenschaft vor und es werden wesentlich höhere Schlagbiegearbeitswerte erreicht als diese in einem heißisostatisch gepreßten, unverformten Werkstück gegeben sind.

[0018] Wenn gemäß der Erfindung der heißisostatisch gepreßte Rohling einer Stauchumformung bei Schmiedetemperatur unterworfen wird, worauf ein sogenanntes Recken oder Reckschmieden des gestauchten Schmiedestückes erfolgt, bei welchem ein Breit-Flach-Profil erstellt wird, so sind, wie gefunden wurde, die Werte für die Schlagbiegearbeit des Materials in Quer- und in Dickenrichtung des Profiles im wesentlichen gleich hoch und liegen bei ca. 80% jener Werte, die in Längsrichtung des Materiales gegeben sind.

[0019] Wird, wie gemäß einer weiteren Ausführungsform der Erfindung vorgesehen, der heißisostatisch gepreßte Rohling oder ein gering umgeformter Schmiederohling einer Diffusionsglühbehandlung unterworfen, worauf die Endverformung erfolgt, so werden dadurch erfindungsgemäß insbesondere in einem Breit-Flach-Material hohe Zähigkeitswerte des Werkstoffes auch in Dickenrichtung erreicht.

[0020] Die erfindungsgemäßen Verfahren lösen das Problem einer wesentlichen Anisotropie in pulvermetallurgisch hergestellten Breit-Flach-Materialien, insbesondere in ledeburitischen Stählen dieser Querschnittsform, und steigern ganz allgemein die Beanspruchbarkeit derartiger hergestellter Erzeugnisse.

[0021] Die weitere Aufgabe der Erfindung, einen vorteilhafte Gebrauchseigenschaften aufweisenden Gegenstand der vorgenannten Art anzugeben, wird dadurch gelöst, daß die Zähigkeit des Werkstoffes, gemessen in jeglicher Richtung, insbesondere in Dickenrichtung des Querschnittes des Materials, größer ist als jene des Werkstoffes im heißisostatisch gepreßten, unverformten Zustand.

[0022] Der Vorteil des derartig erstellten Materials ist im wesentlichen dadurch begründet, daß daraus gefertigte Werkzeuge weniger kerbempfindlich sind und da-

durch wesentlich höhere Spannungen und stoßartige Belastungen ertragen. So wurden beispielsweise aus der Stirnseite eines Breit-Flach-Materials herkömmlicher Herstellung und erfindungsgemäßer Schaffung Warmpreßmatrizen gefertigt und im praktischen Einsatz erprobt. Die Standzeit des Werkzeuges aus herkömmlichen Material war äußerst gering, es erfolgte nach 33 stoßartigen Pressungen ein Abbrechen eines vorspringenden Profilteiles, wobei keinerlei sonstiger Verschleiß oder Abrieb festzustellen war. Die gleicherart für das gleiche Produkt erstellte Matrize aus erfindungsgemäß durch ähnliche Materialverformungen in Breiten- und Dickenrichtung erstellten Breit-Flach-Material erbrachte über 3000 Pressungen, wonach das Werkzeug wegen abrasiven Verschleisses ausgeschieden wurde.

[0023] Im folgenden soll die Erfindung anhand von Beispielen aus Materialerprobungen dargelegt werden. Aus einer Schmelze mit einer Zusammensetzung in Gew.-% von

C = 1,3, Si = 0,63, Mn = 0,24, S = 0,013, P = 0,019, Cr = 3,83, O = 4,87, W = 6,11, V = 3,03, Co = 0,40, Cu = 0,013, Sn = 0,011 wurde, nach dem Gaszerstäubungsverfahren mit Stickstoff, Pulver mit einer mittleren Korngröße von 0,09 mm gefertigt.

[0024] Vormaterial mit dem Format 550mm quadrat und 800 x 220 mm wurde nach dem HIP-Verfahren hergestellt, worauf einerseits eine direkte Verformung eines Quadrat- und Rechteckmaterials zu einem Stabquerschnitt von 550 x 100 mm erfolgte. Ein weiteres quadratisches Vormaterial wurde vor der Verformung bei einer Temperatur von 38 ° C unterhalb der im Heitzmikroskop festgestellten Solidustemperatur der Legierung 43 Stunden geglüht. Schließlich erfolgte an einem heißisostatisch gepreßten Rohling vor der Verformung auf das Querschnittsformat 550 x 100 mm ein Stauchen auf 48% der ursprünglichen Höhe. Zu Vergleichszwecken wurde ein heißisostatisch gepreßtes unverformtes Material bereitgestellt.

[0025] Aus allen derartig erstellten Breit-Flach-Materialien wurden Proben gemäß der in Fig. 1 gezeigten Lage entnommen und auf eine Härte von 55 bis 63 HRC vergütet. Es wurden, wie für harte Werkzeugstähle üblich, ungekerbte Schlagproben mit den Maßen 7x10x55 mm verwendet. Bei der Kennzeichnung gibt der erste Buchstabe die Probenlage im Material an. Der zweite Buchstabe zeigt die durch einen Pfeil gekennzeichnete Schlagrichtung. Die Erprobung der Kerbschlagarbeitswerte der Materialien erbrachte die in Fig. 2 bis Fig. 5 dargestellten Ergebnisse, wobei die Erprobungswerte in Längsrichtung der Verformung jeweils mit 100 % dargestellt sind.

[0026] Fig. 2 betrifft ein Breit-Flach-Material hergestellt aus einem Block 550 mm

[0027] Fig. 3 betrifft Material A, hergestellt nach Anspruch 1

[0028] Fig. 4 betrifft Material B, hergestellt nach Anspruch 2

[0029] Fig. 5 betrifft Material C, hergestellt nach An-

spruch 3

[0030] Die Prüfwerte T-S und T-L sowie S-T und S-L liegen durchwegs im gleichen Streubereich, so daß in Fig. 2 bis Fig. 5 nur eine Größe bzw. ein Wert berücksichtigt ist.

[0031] In den Darstellungen bedeuten weiter: S-T_U die Zähigkeit der gehipten unverformten Probe in Dickenrichtung und S-T_K die Zähigkeit eines konventionell hergestellten Breit-Flach-Materials in Dickenrichtung.

Patentansprüche

1. Verfahren zur pulvermetallurgischen Herstellung von verbesserter Isotropie der mechanischen Eigenschaften aufweisendem Material mit rechteckigem oder flachelliptischem Querschnitt, sogenannten Breit-Flach-Material, insbesondere Vormaterial für die Herstellung von Schneid-, Stanz- und Umformwerkzeugen, bei welchem Verfahren ein mit Gas hergestelltes, insbesondere mit Stickstoff verdüstertes Pulver einer Legierung in eine Kapsel eingebracht, verdichtet und diese, gegebenenfalls nach einem Evakuieren, verschlossen wird, wonach ein Erwärmen und isostatisches Pressen (HIP-en) der Pulverkapsel erfolgen und der derart hergestellte heißisostatisch gepreßte Rohling einer Verformung durch Schmieden und/oder Walzen unterworfen wird, **dadurch gekennzeichnet**, daß ein Rohling mit einer derart rechteckigen oder flachelliptischen Querschnittsform erstellt und einer Umformung unterworfen wird, daß bei dieser der Unterschied zwischen der Verformung in Richtung der Breite und der Verformung in Dickenrichtung des Querschnittes des Breit-Flach-Materials höchstens das 2-fache, vorzugsweise höchstens das 1,5-fache des niedrigeren Verformungswertes beträgt.
2. Verfahren zur pulvermetallurgischen Herstellung von verbesserter Isotropie der mechanischen Eigenschaften aufweisendem Material mit rechteckigem oder flachelliptischem Querschnitt, sogenannten Breit-Flach-Material, insbesondere Vormaterial für die Herstellung von Schneid- und Stanzwerkzeugen, bei welchem Verfahren ein mit Gas hergestelltes, insbesondere mit Stickstoff verdüstertes Pulver einer Legierung in eine Kapsel eingebracht, verdichtet und diese, gegebenenfalls nach einem Evakuieren, verschlossen wird, wonach ein Erwärmen und isostatisches Pressen (HIP-en) der Pulverkapsel erfolgen und der derart hergestellte heißisostatisch gepreßte Rohling einer Verformung durch Schmieden und/oder Walzen unterworfen wird, **dadurch gekennzeichnet**, daß der heißisostatisch gepreßte Rohling in Richtung der Längserstreckung einer Stauchumformung mit einem mindestens zweifachen Stauchgrad unterworfen wird, wonach eine Reckumformung des gestauchten

Rohlings unter Ausformung des Breit-Flach-Materials erfolgt.

3. Verfahren zur pulvermetallurgischen Herstellung von verbesserte Isotropie der mechanischen Eigenschaften aufweisendem Material mit rechteckigem oder flachelliptischem Querschnitt, sogenannten Breit-Flach-Material, insbesondere Vormaterial für die Herstellung von Schneid- und Stanzwerkzeugen, bei welchem Verfahren ein mit Gas hergestelltes, insbesondere mit Stickstoff verdüstertes Pulver einer Legierung in eine Kapsel eingebracht, verdichtet und diese, gegebenenfalls nach einem Evakuieren, verschlossen wird, wonach ein Erwärmen und isostatisches Pressen (HIP-en) der Pulverkapsel erfolgen und der derart hergestellte heißisostatisch gepreßte Rohling einer Verformung durch Schmieden und/oder Walzen unterworfen wird, **dadurch gekennzeichnet**, daß der heißisostatisch gepreßte Rohling einer Diffusionsglühbehandlung mit einer höchsten Temperatur von 20°C unterhalb der Solidustemperatur der Legierung und einer Mindestglühdauer von 4 Stunden unterworfen wird, wonach dieser durch Reckumformung zu einem Breit-Flach-Material geschmiedet und/oder gewalzt wird.
4. Pulvermetallurgisch hergestelltes Material mit rechteckigem oder flachelliptischem Querschnitt, sogenanntes Breit-Flach-Material mit einer Breite die mindestens das 3,1-fache der Dicke beträgt und einen Verformungsgrad von mindestens 4-fach aufweist, insbesondere hergestellt nach einem der vorgenannten Verfahren, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Zähigkeit des Werkstoffes gemessen in jeglicher Richtung, insbesondere in Dickenrichtung des Querschnittes des Materials, größer ist als jene des Werkstoffes im heißisostatisch gepreßten, unverformten Zustand.

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

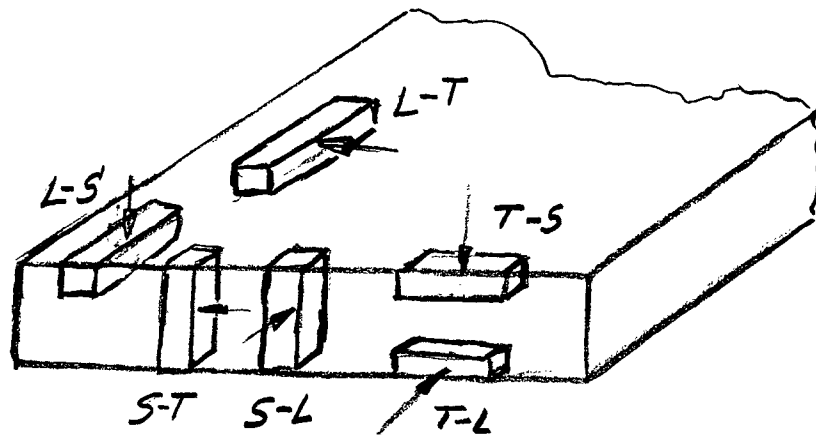


Fig 1

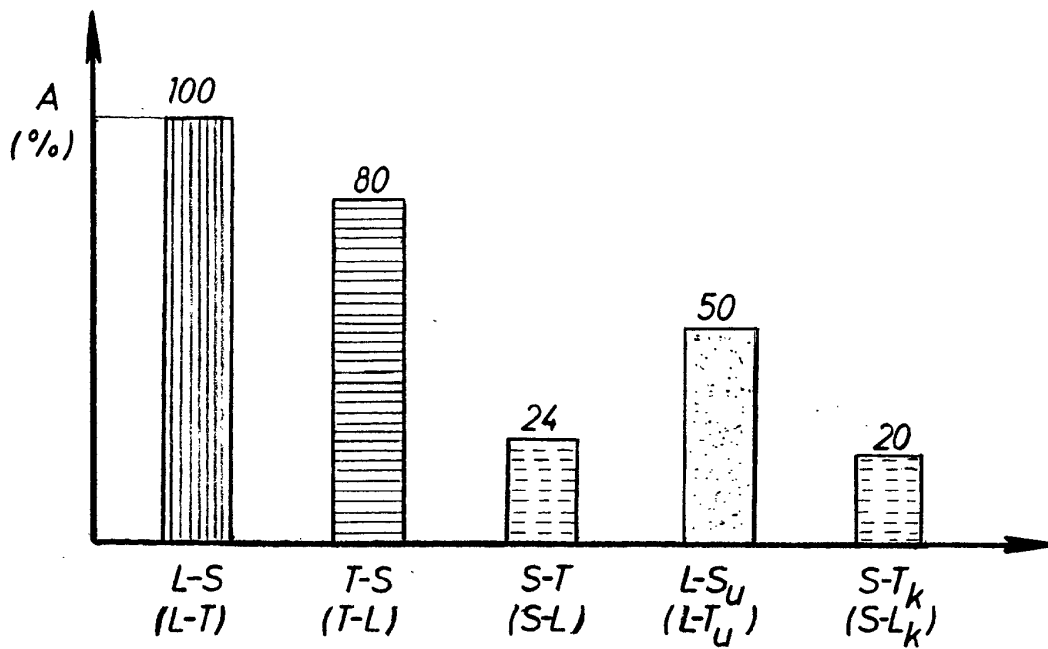


Fig. 2

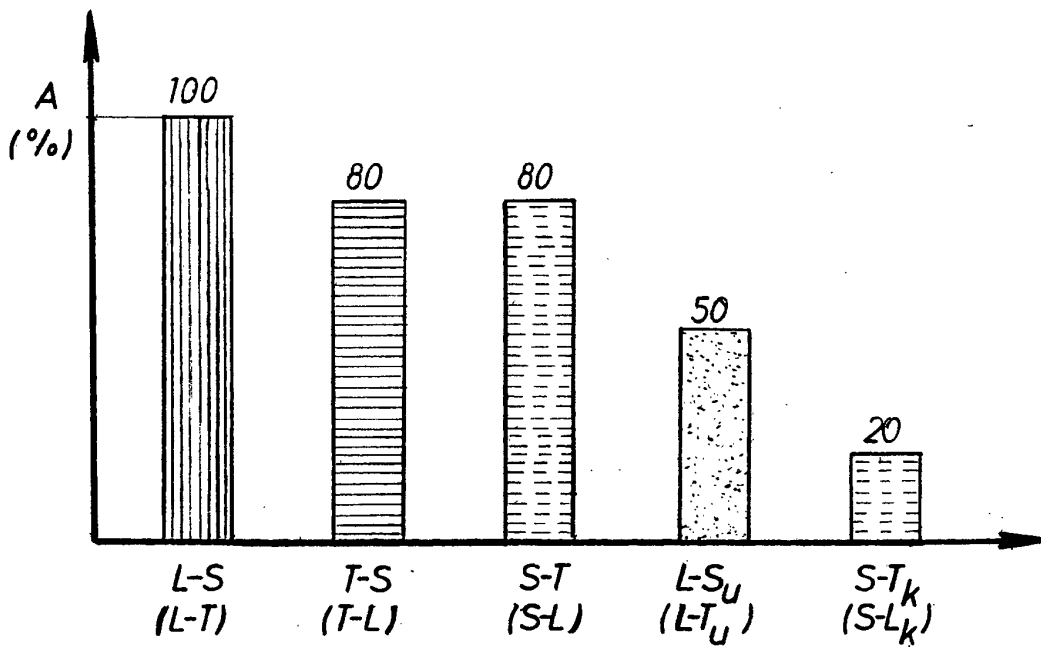


Fig. 3

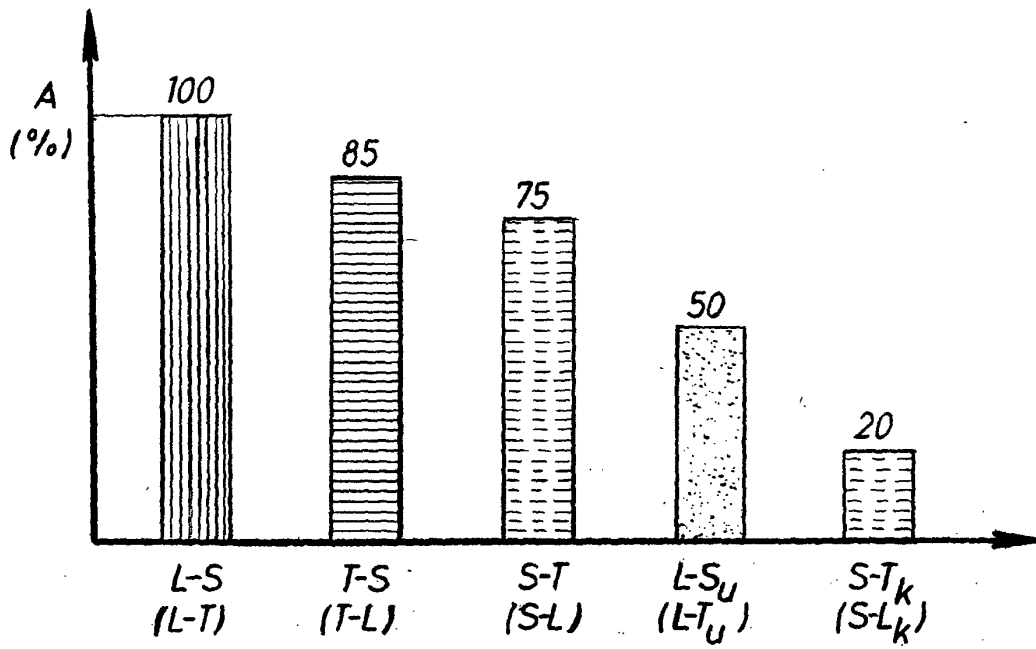


Fig. 4

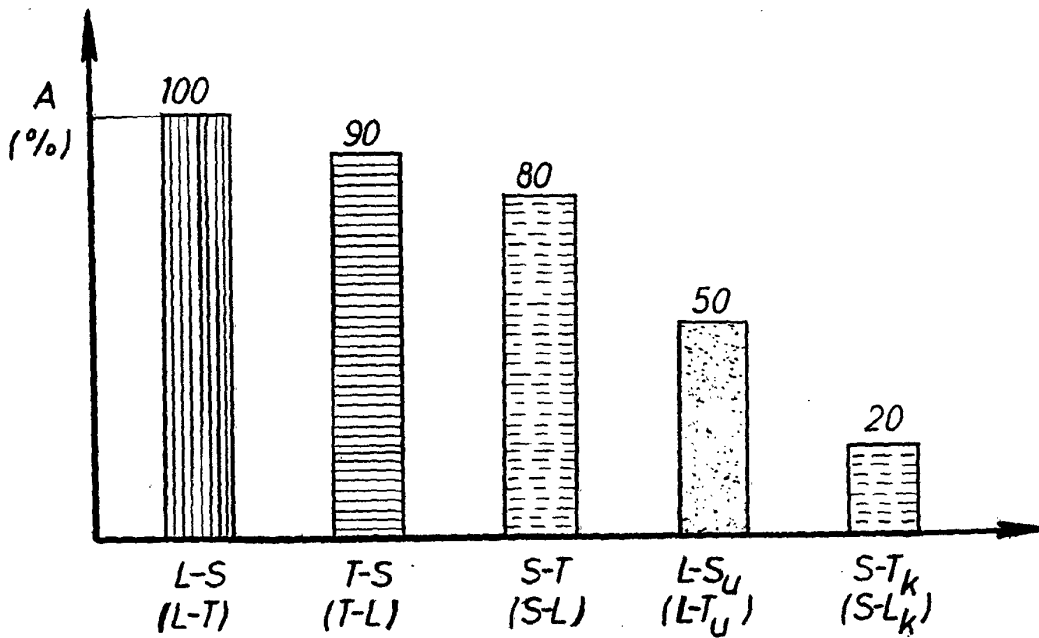


Fig. 5