



SCHWEIZERISCHE EIDGENOSSENSCHAFT
BUNDESAMT FÜR GEISTIGES EIGENTUM

Int. Cl.³: C 22 F 1/00

Erfindungspatent für die Schweiz und Liechtenstein
Schweizerisch-liechtensteinischer Patentschutzvertrag vom 22. Dezember 1978



PATENT SCHRIFT A5

11

636 380

(21) Gesuchsnummer: 5898/78

(22) Anmeldungsdatum: 30.05.1978

(30) Priorität(en): 31.05.1977 US 801666

(24) Patent erteilt: 31.05.1983

(45) Patentschrift
veröffentlicht: 31.05.1983

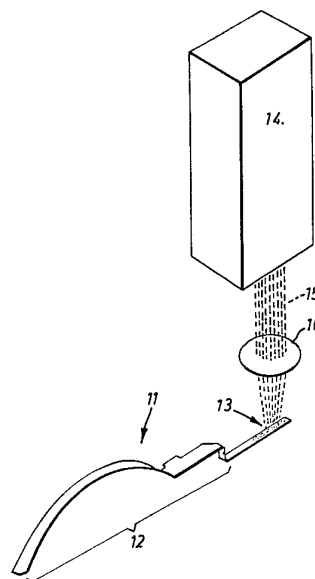
(73) Inhaber:
Western Electric Company, Incorporated, New
York/NY (US)

(72) Erfinder:
Sidney Samuel Charschan, Levittown/PA (US)
Edward Stephen Tice, Merceville/NJ (US)

(74) Vertreter:
Bovard AG, Bern 25

(54) Verfahren zur Wärmebehandlung von Nichteisenmetall.

(57) Für die Wärmebehandlung eines Werkstückes aus Nichteisenmetall, wenn nur ein ausgewählter Abschnitt des Werkstückes örtlich erhitzt werden soll, wird dieser Abschnitt (13) mit einem gepulsten Laserstrahlenbündel (15) bestrahlt, so dass er wenigstens teilweise angelassen wird. Werkstücke aus Phosphorbronze oder Beryllium/Kupfer werden vorher bis zur Federhärte getempert. Die Bestrahlung kann aus einem einzigen Impuls bestehen, dessen Dauer wenigstens 5 ms betragen soll.



PATENTANSPRÜCHE

1. Verfahren zur Wärmebehandlung eines Werkstückes aus Nichteisenmetall, wobei mit einem Laserstrahlenbündel bestrahlt wird, dadurch gekennzeichnet, dass ein ausgewählter Abschnitt (13) des Werkstückes mit einem gepulsten Laserstrahlenbündel (15) bestrahlt wird, so dass der ausgewählte Abschnitt wenigstens teilweise angelassen wird.

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass das Werkstück vorher bis zur Federhärte oder bis zur Sonderfederhärte getempert worden ist; und die Bestrahlung mit der Massgabe durchgeführt wird, dass der Tempergrad des ausgewählten Abschnittes bis zu einem Zustand zwischen geringer und vollständiger Anlassung vermindert wird.

3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass die Bestrahlung aus einem einzigen Impuls des Laserstrahlenbündels besteht.

4. Verfahren nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, dass der Impuls wenigstens eine Dauer von 5 ms (Millisekunden) hat.

5. Verfahren nach Anspruch 3 oder 4, dadurch gekennzeichnet, dass das Laserstrahlenbündel vor der eigentlichen Bestrahlung wenigstens einmal gepulst wird, so dass die Bestrahlung mit einem thermisch stabilen Laser durchgeführt wird.

Diese Erfindung betrifft Verfahren zur Wärmebehandlung metallischer Werkstücke aus Nichteisenmetall; insbesondere betrifft die Erfindung ein solches Verfahren, zu dem eine Bestrahlung mittels einem Laserstrahlenbündel gehört.

Es ist häufig erforderlich, dass ein metallisches Werkstück aus Nichteisenmetall in verschiedenen Abschnitten des Werkstückes unterschiedliche physikalische Eigenschaften aufweist. Zum Beispiel müssen Kontaktfedern aus Phosphorbronze oder aus Beryllium und Kupfer bis zur Federhärte oder bis zur Sonderfederhärte gehärtet werden, damit sie ihre wesentliche Aufgabe erfüllen, nämlich gute elektrische Verbindungen herzustellen und beizubehalten. Derartige Kontaktfedern müssen jedoch häufig an Leitungsbahnen aus einer spröden Unterlage angebracht werden, beispielsweise mittels Thermokompression. Damit die Anbringung mittels Thermokompression erfolgen kann, muss das Metall in dem Anbringungsbereich der Kontaktfeder (das ist der Bereich, in dem die Feder an der Leitungsbahn befestigt wird) relativ weich sein, so dass die Verbindung ohne einen Bruch der spröden Unterlage erfolgen kann. Es ist jedoch nachteilig, an der Kontaktfeder einen vollständig angelassenen Abschnitt zu haben, da dies die Handhabung beeinträchtigt.

Bislang werden zweischichtige Kontaktfedern verwendet, um die unterschiedlichen physikalischen Eigenschaften zu gewährleisten, die einerseits für den guten elektrischen Anschluss und andererseits für die gute Anbringung mittels Thermokompression erforderlich sind. Hierzu ist vorgesehen, einen Streifen aus einer Beryllium/Kupfer-Legierung und einen Streifen aus Kupfer zu einem zusammengesetzten Streifen zu walzen; hierbei ist die Komponente aus der Beryllium/Kupfer-Legierung so weit gehärtet, dass die Federwirkung gewährleistet ist, während die Kupferkomponente ausreichend weich ist, damit die Anbringung der Feder an der Leitungsbahn mittels Thermokompression erfolgen kann. Solche zusammengesetzten Federn weisen die geforderten Eigenschaften auf, sind jedoch in der Herstellung recht teuer.

Es ist weiterhin bekannt, einen im Dauerstrichbetrieb betriebenen Laser zur Erweichung metallischer Werkstücke zu benutzen. Diese Erweichung im Dauerstrichbetrieb erfordert jedoch die fortlaufende Zuführung von relativ kleinen

Energien zu dem Werkstück im Verlauf einer relativ langen Zeitspanne. Da im Verlauf dieser Behandlung eine Ableitung der Wärme innerhalb des Werkstückes erfolgt, ist es nahezu unmöglich, mit einem solchen, im Dauerstrichbetrieb betriebenen Laser lediglich einen ausgewählten Abschnitt des Werkstückes örtlich zu erhitzen.

Es ist weiterhin bekannt, eine Stosshärtung eines ausgewählten Oberflächenbereiches eines metallischen Werkstückes, etwa aus einem Eisenwerkstoff, mittels einem gepulsten Laser durchzuführen. Eine solche örtliche Stosserhitzung mittels gepulstem Laser erfordert typischerweise die Zuführung sehr hoher Energiedichten zu dem ausgewählten Oberflächenbereich, was typischerweise durch einen Überzug oder eine Beschichtung auf der Oberfläche hindurch erfolgt.

Mit der vorliegenden Erfindung wird ein Verfahren zur Wärmebehandlung eines Werkstückes aus Nichteisenmetall angegeben, bei welchem ein ausgewählter Abschnitt des Werkstückes mit einem gepulsten Laserstrahlenbündel bestrahlt wird, so dass der ausgewählte Abschnitt wenigstens teilweise angelassen wird.

Das Werkstück kann vorher bis zur Federhärte oder bis zur Sonderfederhärte getempert worden sein, und die Bestrahlung erfolgt mit der Massgabe, dass der Tempergrad des ausgewählten Abschnittes bis zu einem Zustand vermindert wird, der zwischen kaum und vollständig angelassen liegt.

Die Bestrahlung kann aus einem einzigen Impuls des Laserstrahlenbündels bestehen, wobei dieser Impuls eine Dauer von wenigstens 5 ms haben soll.

Vor der eigentlichen Bestrahlung kann das Laserstrahlenbündel wenigstens einmal gepulst werden, damit eine thermisch stabile Bestrahlung erhalten wird.

Nachfolgend wird das erfindungsgemässe Verfahren mit Bezugnahme auf ein Beispiel im einzelnen erläutert; zu dieser Erläuterung dienen auch 2 Blatt Abbildungen mit den Fig. 1 bis 3; im einzelnen zeigen:

Fig. 1 teilweise in schematischer Darstellung eine isometrische Darstellung einer Vorrichtung zum Anlassen eines ausgewählten Abschnittes eines Werkstückes entspr. der vorliegenden Erfindung;

Fig. 2 in Form einer graphischen Darstellung die Abhängigkeit der Zugfestigkeit (entspr. dem Tempergrad) von der Laserenergie bzw. der Heissflecktemperatur an einem typischen, erfindungsgemäss behandelten Werkstück; und

Fig. 3 in Form einer graphischen Darstellung an einem erfindungsgemäss entspr. Fig. 2 behandelten Werkstück die ortsabhängige Härte.

Es ist wünschenswert, dass eine Feder 11, die aus irgendeinem geeigneten Nichteisenmetall bestehen kann, beispielsweise aus Phosphor-Bronze oder einer Beryllium-Kupfer-Legierung längs des Hauptabschnittes 12 der Federlänge in beträchtlichem Ausmass gehärtet ist, d.h., bis zur Federhärte oder bis zur Sonderfederhärte. Eine solche Härte ist erforderlich, damit die Feder ihre angestrebte Funktion erfüllen kann, nämlich gute elektrische Verbindungen herzustellen und aufrechtzuerhalten. Es ist weiterhin wünschenswert, dass die Feder 11 im Bereich eines kleinen örtlichen Abschnittes 13, wo die Feder 11 mittels Thermokompression an der Leiterbahn eines spröden Substrates angebracht werden soll, erweicht ist.

Es wird ein gepulster Laser 14, beispielsweise ein gepulster Nd:YAG-Laser verwendet, um den ausgewählten Abschnitt 13 der Feder 11 zu bestrahlen, um diesen ausgewählten Abschnitt 13 durch Anlassen zu erweichen. Der gepulste Laser 14 emittiert ein Laserstrahlenbündel von geregelter Energiedichte, beispielsweise von 8 bis 16 Joules (J) bei einer

konstanten Fleckgrösse mit einem Durchmesser von beispielsweise 0,7 mm für eine geregelte Zeitspanne von beispielsweise 10 oder 20 ms (Milli-Sekunden). Das Laserstrahlenbündel 15 wird mittels einer Linse 16 auf den ausgewählten Abschnitt 13 der Feder 11 fokussiert.

Es wird angestrebt, das Anlassen ausreichend zu lokalisieren, damit lediglich der ausgewählte Abschnitt 13 der Feder 11 behandelt wird, wobei ein gesteuerter Tempergrad in dem ausgewählten Abschnitt 13 beibehalten werden soll. Mittels eines gepulsten Lasers 14 kann das Anlassen in einem örtlich beschränkten Bereich in geregelter Weise durchgeführt werden.

Die Regelung des Tempergrades in dem ausgewählten Bereich 13 der Feder 11 wird durch geeignete Regelung eines Parameters des Laserstrahlenbündels 15 durchgeführt. Ein solcher Parameter des Laserstrahlenbündels 15 kann beispielsweise entweder die Intensität des Strahlenbündels 15 oder die Impulsdauer sein, oder es können diese beiden Faktoren beeinflusst werden. Alternativ kann als anderer Parameter beispielsweise die Anzahl der Impulse des Strahlenbündels 15, mit welchen der ausgewählte Abschnitt 13 bestrahlt wird, verändert werden. Das Anlassen mit einem einzigen Impuls, der eine relativ lange Impulsdauer von beispielsweise wenigstens 5 ms aufweist, ist für die meisten Anwendungsfälle besonders geeignet.

Im Rahmen dieser Erfindung sind eine Reihe von Untersuchungen durchgeführt worden; diese Untersuchungen betreffen den Laser 14, die ausgewählten, angelassenen Abschnitte des Werkstückes aus Nichteisenmetall, wie etwa den ausgewählten Abschnitt 13 der Feder 11, den geregelten Tempergrad und dgl. Die Ergebnisse dieser Untersuchungen werden mit dem nachfolgenden Beispiel erläutert:

Beispiel

Die in diesen Untersuchungen verwendeten Federn 11 bestehen aus einem Streifen aus CDA-510 Phosphor-Bronze, der bis zur Sonderfederhärte getempert ist. Diese CDA-510 Phosphor-Bronze besteht aus 94,8% Kupfer, 5,0% Zinn und 0,2% Phosphor. Zu jeder einzelnen Feder 11 gehört ein ausgewählter Abschnitt 13, der für die Anbringung der Feder 11 mittels Thermokompression auf einer Leiterbahn an einem Substrat bestimmt ist; dieser ausgewählte Abschnitt 13 hat eine Breite von 0,7 mm und eine Länge von 2,54 mm; die Feder selbst hat eine Dicke von 0,2 mm.

Der verwendete Laser 14 ist ein gepulster, netzgespeister Nd:YAG-Laser (Modell: Raytheon Model SS-480) und wird bei einer Wellenlänge von 1,06 μm betrieben. Zur Bestrahlung der Federn werden 5 Impulse mit einer Impulsdauer von 10 ms im Abstand von 4 Impulsen/s abgegeben. Die ersten 4 Impulse werden abgelenkt und erreichen die Probe nicht; diese ersten 4 Impulse dienen lediglich dazu, die thermische Stabilität des Lasers zu erreichen. Der letzte Impuls dient zur Bestrahlung der Probe. Obwohl in anderen Anwendungsfällen ein anfänglicher Energiestoss häufig einen Bohr- und Schweissvorgang fördert, ist es bei diesem erfindungsgemässen Verfahren der Wärmebehandlung nicht empfehlenswert, den anfänglichen Energiestoss zu benutzen, da ein einheitlicherer Temperaturanstieg bevorzugt wird.

Zur Durchführung dieser Untersuchungen sind keine besonderen Proben benutzt worden; es ist lediglich darauf geachtet worden, die Zuführung «neuer» Fremdstoffe, also von Stoffen, die über die üblichen herstellungsmässig bedingten Verunreinigungen hinausgehen, zu der Oberfläche jeder Probe möglichst gering zu halten. Der wirksame Durchmesser des Laserlichtfleckes wird bei 0,7 mm gehalten; damit ist die Breite der Probe abgedeckt. Sämtliche Proben werden unter diesen Bedingungen bestrahlt.

Mit einem konstanten, 10 ms langen Impuls werden 4

Proben bei jeweils unterschiedlichem Energiewert bestrahlt. Bei der max. Intensität wird die Energieabgabe soweit gesteigert, bis die Probe bei einem Energiewert oberhalb 16 J schmilzt. Bei den anderen Proben sind Energiewerte zwischen 16 J bis zu einem min. Energiewert von 8 J (in zweckmässigem Abstand zueinander) vorgesehen.

Bei der Bestrahlung anderer Proben wird die Impulsdauer verändert; hierzu wird ein netzgespeicherter Nd:YAG-Laser 14 verwendet, der dahin modifiziert worden ist, dass er Impulse mit einer Impulsdauer von 20 ms abgibt. Bei Bestrahlung mit diesem Laser erfolgt das Schmelzen bei ungefähr 16 J.

Zur Bestimmung des nach der Bestrahlung zurückgebliebenen Tempergrades wird die Zugfestigkeit nach der US-Norm ASTM B 103 gemessen. Die Ergebnisse sind in graphischer Form mit Fig. 2 wiedergegeben. Die Messung der Zugfestigkeit erfolgt mit einem Instron-Messgerät (Modell: Instron Model TM), bei einer Vorschubgeschwindigkeit des Querkopfes von 25 mm/min.

Längs einer Linie, die im Abstand von 0,2 mm zur Kante verläuft, wird an jeder Probe alle 0,2 mm die Vickers-DPH-Härte (unter Verwendung eines Prüfgewichtes von 500 g) bestimmt. Wegen der geringen Dicke des Materials (und da eine weitere Auswertung der Proben eine Befestigung ausschliesst) sind die in Fig. 3 angegebenen Werte relative Härte-
werte. Aus den angegebenen relativen Härte-
werten ergibt sich ohne weiteres das Ausmass der durch die Wärmeeinwirkung beeinflussten Zone.

Mit Fig. 3 sind die Härte-
werte im Bereich der bestrahlten Zone sowohl an der bestrahlten Seite wie an der dazu entgegengesetzten rückwärtigen Seite für eine typische Probe angegeben. Bemerkenswert ist die Beobachtung, dass bei einer tatsächlichen Ausdehnung des Laserlichtfleckes von 0,7 mm an der bestrahlten (Vorder-)Seite die von der Wärmeeinwirkung beeinflusste Zone lediglich eine Ausdehnung von 1,4 mm Breite hat.

Bei solchen Proben, bei denen die in Fig. 3 angegebenen Härte-
werte ermittelt worden sind, ist auch die metallographische Struktur analysiert worden. Hierbei ist festgestellt worden, dass in der durch die Wärmeeinwirkung beeinflussten Zone Auswirkungen auf die Rekristallisation oder das Kornwachstum (die beim Anlassen üblicherweise auftreten) nicht zu beobachten waren. Dies ist ein unerwartetes Ergebnis und wird z.Zt. noch nicht vollständig verstanden. Es wird angenommen, dass die Erweichung auf einer Ausheilung von Spannungen beruht, die vom ursprünglichen Walzen her in der Feder 11 vorliegen.

In dem Beitrag «Estimation of Temperature Rise in Electron Beam Heating of Thin Films», von T. P. Lin (IBM Journal, Sept. 1967) wird eine Gleichung für einen Energiestrahle mit Gauss'scher Intensitätsverteilung zur Aufheizung einer Platte von gegebener Dicke angegeben. Lin zeigt dort, dass die Temperatur im Mittelpunkt des Lichtfleckes wie folgt ermittelt werden kann:

$$v(o,t) = H_o a^2 / 4KL \ln(1 + 4mt/a^2) \quad (1)$$

wobei bedeuten:

- $v(o,t)$ = Temperaturanstieg ($^{\circ}\text{C}$);
- H_o = Energiestrom;
- a = Radius des Lichtfleckes;
- K = Wärmeleitfähigkeit;
- L = Dicke der Platte;
- m = thermisches Diffusionsvermögen; und
- t = Impulsdauer.

Die aus diesem Modell abgeleiteten Vorhersagen werden durch die experimentellen Ergebnisse bei 17 J und 10 ms

bestätigt, da die Probe entsprechend der Vorhersage schmilzt. Bei geringeren Lichtströmen konnte die vorhergesagte Temperatur nicht gemessen werden; im Hinblick auf die Bestätigung des Schmelzpunktes scheinen die entsprechenden Temperaturwerte jedoch recht genau der Vorhersage zu folgen.

Mit Fig. 2 sind die aus der Gleichung (1) ermittelten Temperaturen für verschiedene Laserenergiewerte jeweils bei einer Impulsdauer von 10 ms angegeben. Aus Fig. 2 ist ersichtlich, dass ein gewisses Anlassen in einer sehr kurzen Zeitspanne bei relativ niedrigen Temperaturen erfolgt; weiterhin ist ersichtlich, dass die CDA-510 Phosphor-Bronze in ungefähr 10 ms vollständig angelassen werden kann.

Aus diesem Beispiel wird deutlich, dass der Tempergrad (Fig. 2) eines örtlich relativ begrenzten, ausgewählten Abschnittes (Fig. 3) der Feder 11 durch Regelung eines geeigneten Parameters (beispielsweise der Intensität und/oder der Impulsdauer) eines gepulsten Lasers relativ genau geregelt

werden kann. Sofern beispielsweise die Energieabgabe des Lasers auf einen Wert zwischen 8 und 16 J eingestellt wird, kann der ausgewählte Abschnitt 13 bis zu jedem gewünschten Tempergrad im Bereich von weich bis zur ursprünglichen Sonderfederhärte angelassen werden.

Die in diesem Beispiel von der Wärmeeinwirkung beeinflusste Zone ist recht klein, d.h., diese Zone hat eine Ausdehnung von etwa 1,4 mm. Sofern grössere Zonen beeinflusst werden sollen, kann das Anlassen mittels üblicher Massnahmen zur Veränderung der Form des Lichtfleckes erfolgen und/oder dadurch, dass mehrere Impulse überlappen.

Die beschriebenen Massnahmen, sowie das angegebene Beispiel und die hierzu benützten Vorrichtungen sind lediglich zur Erläuterung einer bevorzugten Ausführungsform der Erfindung bestimmt. Darüberhinaus können verschiedene Modifizierungen vorgenommen werden, ohne von den Grundlagen der Erfindung abzuweichen.

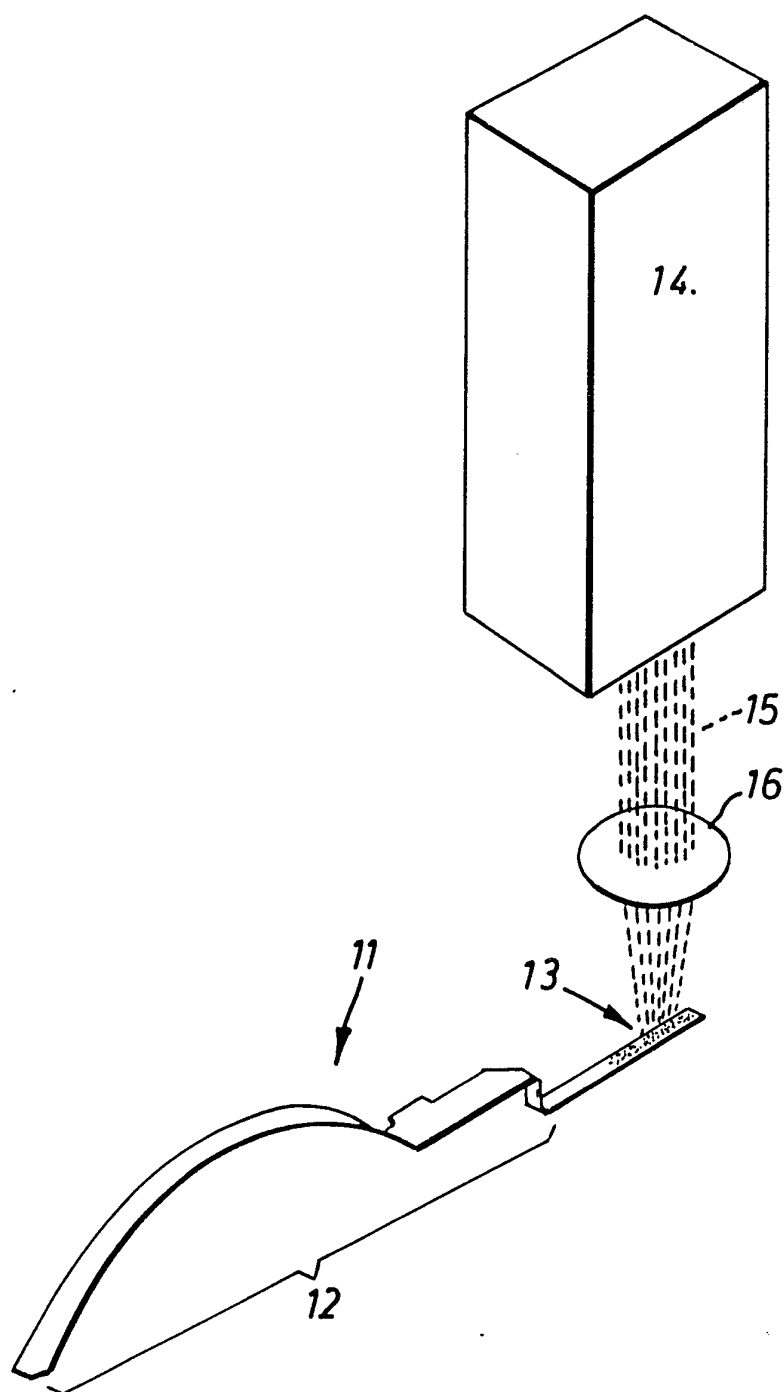


FIG.1

FIG. 2

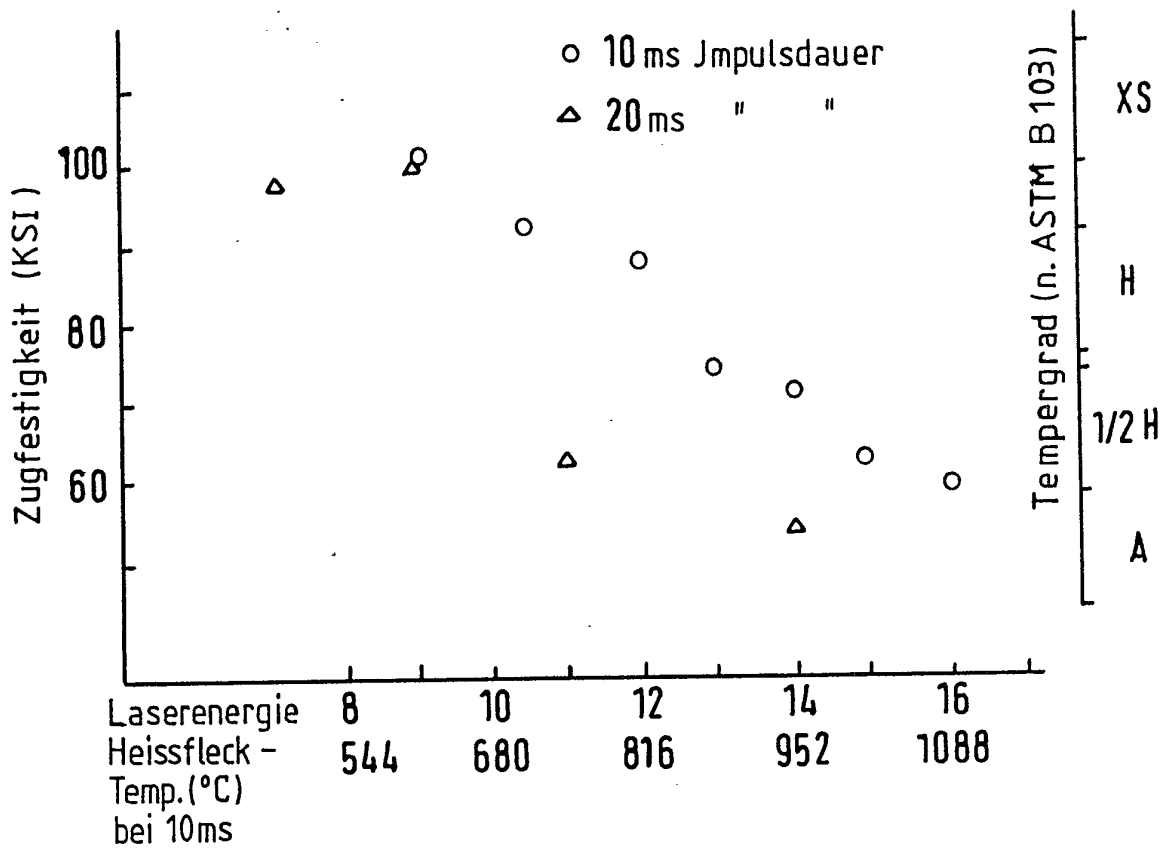


FIG. 3

