(19) BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND

PATENTSCHRIFT

(12) Ausschließungspatent

(11) DD 297 097 A5

Erteilt gemäß § 17 Absatz 1
Patentgesetz der DDR
vom 27.10.1983
in Übereinstimmung mit den entsprechenden
Festlegungen im Einigungsvertrag

5(51) B 23 P 15/04

DEUTSCHES PATENTAMT

In der vom Anmelder eingereichten Fassung veröffentlicht

(21)	DD B 23 P / 343 344 2	(22)	09.08.90	(44)	02.01.92

(71) ZIS Halle GmbH, Köthener Straße 33a, O - 4060 Halle, DE
(72) Keitel, Steffen, Dr.-Ing.; Hauser, Frank, Dipl.-Ing.; Ehrhardt, Horst; Storch, Wilfried, Dr.-Ing.; Wendler, Uwe, Dipl.-Ing., DE
(73) ZIS Halle GmbH, O - 4060 Halle; Bergmann-Borsig GmbH, O 1106 Berlin, DE

(54) Verfahren zur Herstellung von Turbinenschaufeln

(55) Energieträgerstrahl; Nahtbereich; Relativbewegung; Thermovisionssignal; Thermovisionsmessung; Energieeintrag; Verbindungsschweißung

(57) Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Herstellung von Turbinenschaufeln aus zwei getrennt vorgefertigten Teilen, die miteinander verbunden werden müssen, insbesondere mittels eines Elektronen- oder Laserstrahlschweißverfahrens. Die Verbindungsschweißung wird über die drei Etappen des Vorwärmens, Schweißens und Wärmenachbehandelns realisiert, die zeitlich versetzt eingeleitet werden. Wesentlich für die Erfindung ist, daß der eingesetzte Energieträgerstrahl zunächst die Vorwärmung im Nahtbereich durch Ausführung einer Relativbewegung zu den beiden Werkstückteilen besorgt und dabei das Erreichen der notwendigen Vorwärmtemperatur mittels Thermovisionssignal angezeigt wird. Einer dann durchzuführenden Verbindungsschweißung mit erhöhtem Energieeintrag, hier ohne Zusatzwerkstoff, schließt sich zur Verminderung innerer Materialspannungen, die Wärmenachbehandlung mit abgesenktem Energieeintrag an. Insbesondere die Zyklen Vorwärmen und Wärmenachbehandeln sind über eine Thermovisionsmessung durch vergleichende Messungen exakt einstellbar, damit bauteilabhängig stets gleiche Bedingungen geschaffen werden.

ISSN 0433-6461

3 Seiten

Patentansprüche:

1. Verfahren zur Herstellung von Turbinenschaufeln aus mindestens zwei vorgefertigten Komponenten mittels Laser- oder Elektronenstrahlschweißen, **gekennzeichnet dadurch,** daß mit dem auf den Nahtbereich einwirkenden Energieträgerstrahl eine Relativbewegung zu den zu verbindenden Komponenten vollführt wird und dabei über zeitlich bauteilabhängige Zyklen ein Vorwärmen, Schweißen und Wärmenachbehandeln durchgeführt werden, wobei das Erreichen der Vorwärmtemperatur durch ein Thermovisionssignal angezeigt und nach der erfolgten Verbindungsschweißung, mit abgesenktem Energieeintrag, die Wärmenachbehandlung angeschlossen wird.
2. Verfahren zur Herstellung von Turbinenschaufeln nach Punkt 1, **gekennzeichnet dadurch,** daß die zeitlich aufeinanderfolgenden Bearbeitungsstufen mittels Thermovisionsmessung erfaßt und bauteilabhängig gespeichert werden.

Anwendungsgebiet der Erfindung

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Herstellung von Turbinenschaufeln aus aufhärtbarem ferritisch-perlitischem Stahl, bestehend aus mindestens zwei getrennt vorgefertigten Teilen.

Charakteristik des bekannten Standes der Technik

Turbinenschaufeln werden in der Regel aus einem Stück geschmiedet oder zerspanend hergestellt. Die Verfahrenstechnik erlangt ihre Grenzen bei der Herstellung von Endstufenlaufschaufeln für Niederdruckdampfturbinen großer Leistung, deren Länge bereits auf 1500mm anwächst. Zur Herstellung von Präzisionsschmiedeteilen, wie es Turbinenschaufeln sind, die alsdynamisch belastete Bauteile extremen Betriebsbelastungen ausgesetzt sind, kommen Schmiedepressen zum Einsatz, deren Dimensionierung zwangsläufig auf die Kompaktfertigung der Bauteile ausgerichtet ist. Die hohen Fertigungskosten für diese Bauteile werden stets als Nachteil angesehen. Bekannt sind bereits Verfahrenstechniken zur Herstellung spezieller Bauformen von Turbinenschaufeln, die deren Ausführung aus unterschiedlich vorgefertigten Einzelteilen vorsehen, wenn die Kompaktausführung prinzipiell nicht möglich ist, zum Beispiel OS 2603862 und OS 2617927, oder wenn die Optimierung spezieller Detaileigenschaften nicht erreichbar wird, wofür die Herstellung eines erosionsresistenten Schaufelkantenschutzes die OS 2004724 und das US Patent 3275295 Beispiele für die sinnvolle Nutzung geeigneter stoffschlüssiger Verbindungsverfahren schaffen. Nicht bekannt wurden bisher Lösungen zur Verbindungsschweißung von Einzelteilen zu Turbinenschaufeln aus aufhärtbarem perlitisch-ferritischem Stahl, wofür der Schaufelstahl X20CR 13V der bekannteste Typenvertreter ist. Ursache dafür ist die stark eingegrenzte Möglichkeit des Schweißens vergüteter Stähle vorrangig in Dickenbereichen, die notwendigerweise zu verbinden sind, um aus Teilen zusammengesetzte Schaufeln herzustellen.
Eine notwendige, für das Schweißen begleitende, Wärmebehandlung des Schweißteiles gilt hierfür als Stand der Technik, was bekanntermaßen die Prozesse des Vorwärmens und Wärmebehandels für das Schweißteil einschließt. Die üblichen Methoden zur Erzielung und Aufrechterhaltung der Vorwärmtemperatur sind die bei der Erwärmung des Schweißteiles durch elektrische Widerstands- oder Induktionserwärmung als auch mit Hilfe von Gasbrennern. Die Anwendung der maschinellen weitgehend in Verbindung mit komplizierten Anlagentechniken verbundenen Verfahren der Laser- und Elektronenstrahlschweißung wird dadurch sehr nachteilig beeinflußt oder ausgeschlossen.

Ziel der Erfindung

Die Erfindung hat das Ziel, die Fertigung der Turbinenschaufeln unabhängig von ihrer mit der Turbinenleistung zunehmenden Abmessung oder in Abhängigkeit von durch die schmiedetechnische Ausführung gegebenen konstruktiven Begrenzung zu vervollkommnen und aufwandsarm zu gestalten sowie dabei die getrennte Vorfertigung von Einzelteilen mit deren stoffschlüssiger Verbindung zum gewünschten Endprodukt zu nutzen, und die bekannten Nachteile oder Einschränkungen des Schweißens unter Vorwärmung mit von der Schweißquelle getrennt wirksamer Energiequelle zu umgehen.

Darlegung des Wesens der Erfindung

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, einen Schweißverfahrensablauf vorzuschlagen, um Turbinenschaufeln ferritisch-perlitischer Stähle aus getrennt vorgefertigten Einzelteilen fügen zu können, den Aufwand dabei möglichst gering zu halten und dabei das Laser- oder Elektronenstrahlschweißen einzusetzen. Erfindungsgemäß wird die Aufgabe dadurch gelöst, daß mit dem auf den Nahtbereich einwirkenden Energieträgerstrahl eine Relativbewegung zu den zu verbindenden Komponenten vollführt wird, und dabei über zeitlich bauteilabhängige Zyklen ein Vorwärmen, Schweißen und Wärmenachbehandeln durchgeführt werden, wobei das Erreichen der Vorwärmtemperatur durch ein Thermovisionssignal angezeigt und nach der erfolgten Verbindungsschweißung, mit abgesenktem Energieeintrag, die Wärmebehandlung angeschlossen wird. Die hierbei zeitlich aufeinanderfolgenden Bearbeitungsstufen werden mittels Thermovisionsmessung erfaßt und bauteilabhängig zugeordnet gespeichert. Dadurch werden die Abkühlgeschwindigkeit und die Ausbildung von Erstarrungsspannungen in der Schweißverbindung so reguliert, daß ein Gefüge mit den gewünschten, die Bauteilfunktion

sichernden, Eigenschaften entsteht, d.h. daß somit eine einmal ermittelte optimale Gefügeausbildung in Abhängigkeit vom Wärmeeintrag für den speziellen ferritisch-perlitisch Schaufelstahl wiederholbar gesichert werden kann, da die vorgeschlagene Meßtechnik auf Grund der Speichermöglichkeit der Meßergebnisse einen Soll-Ist-Vergleich zur Steuerung des Verfahrensablaufes ermöglicht. Der Bewertungsmaßstab dabei ist insbesondere für Turbinenschaufeln die Sicherung der Gestaltfertigkeit des Bauteils, was aber auch andere Eigenschaften der Schweißverbindung erfordern kann oder diese toleriert werden, in Abgrenzung zu anderen Anwendungsfällen für Schweißverbindungen.

Ausführungsbeispiel

Die Erfindung soll nachstehend an einem Ausführungsbeispiel erläutert werden. Der zur Durchführung der Verbindungsschweißung zwischen mindestens zwei getrennt gefertigten Teilen, die nur zusammen eine funktionsfähige Turbinenschaufel ergeben, benutzte Schweißkopf einer Laser- oder Elektronenstrahlschweißeinrichtung wird zur auszuführenden Schweißnaht positioniert. Nach dem Zünden des Laser- oder Elektronenstrahls und dessen Einwirkung auf den Schweißstoß erfolgt eine Relativbewegung zwischen Stoß und Strahlauftreffpunkt entlang der auszuführenden Schweißnaht. Dabei wird eine Strahlparameterkombination genutzt, die noch nicht zum Schmelzen der Materialien führt, aber deren Vorwärmung sichert. Dabei liegen die Vorwärmtemperaturen, z.B. für einen verwendeten Turbinenstrahl X20 Cr13, zwischen 250-300°C. Die Wärmeeinbringung kann vorzugsweise durch einen oszillierenden oder rasterförmigen Energieträgerstrahl erfolgen. Nach Erreichen einer ausreichenden Vorwärmung im Bereich des Schweißstoßes erfolgt selbsttätig über ein Thermovisionssignal, welches durch eine Meßeinrichtung ausgelöst wird, die Änderung der Schweißparameter in Richtung eines erhöhten und konzentrierteren, den Schmelzprozeß an der Schweißverbindung bewirkenden Energieeintrages. Nach Ausbilden der Schmelzschweißverbindung werden die Strahlparameter so geändert, daß mit gesenktem Energieeintrag die Wärmenachbehandlung der Schweißverbindung durchgeführt werden kann, wodurch die angestrebte Gefügeausbildung mit anwendungsspezifischen Eigenschaften gesichert wird. Die meist als Kurzzeitanlassen durchgeführte Wärmenachbehandlung durch den Energiestrahl erwärmt den Schweißbereich auf 600-650°C.