

(12)

EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(21) Anmeldenummer: 84890041.1

(51) Int. Cl.³: **C 21 D 9/00**
C 21 D 1/667, C 21 D 8/00

(22) Anmeldetag: 08.03.84

(30) Priorität: 10.03.83 AT 837/83

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:
19.09.84 Patentblatt 84/38

(84) Benannte Vertragsstaaten:
BE CH DE FR GB IT LI LU NL SE

(71) Anmelder: VEREINIGTE EDELSTAHLWERKE
AKTIENGESELLSCHAFT (VEW)
Elisabethstrasse 12
A-1010 Wien(AT)

(72) Erfinder: Loidl, Alfons, Dipl.-Ing.
Neue Gasse 7
A-8600 Bruck/Mur(AT)

(72) Erfinder: Fladischer, Johann, Dipl.-Ing.
Albert Böhler-Gasse 12
A-8605 Kapfenberg(AT)

(72) Erfinder: Schieber, Herbert
Hans Resel-Gasse 7
A-8605 Kapfenberg(AT)

(74) Vertreter: Widtmann, Georg, Dr.
Vereinigte Edelstahlwerke Aktiengesellschaft (VEW)
Elisabethstrasse 12
A-1010 Wien(AT)

(54) Verfahren zur Herstellung von Turbinenschaufeln.

(57) Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Herstellung von Turbinenschaufeln aus Rohlingen aus 7 - 14 %igen Chromstählen, die auf Schmiedetemperatur erhitzt und anschließend, insbesondere in einer Spindelpresse, präzisionsgeschmiedet werden, worauf die Schaufeln im wesentlichen aus der Schmiedehitze mit einem aus einer oder mehreren Düsen austretenden Kühlmittel abgekühlt und nach dem Abkühlen auf Raumtemperatur angelassen werden, wobei die von der bzw. den Düsen je Zeiteinheit abgegebene Kühlmittelmenge und/oder die Richtung des Kühlmittelstrahles derart gelenkt wird, daß die Kühlwirkung im jeweils davon erfaßten Oberflächenbereich der Schaufel umso stärker ist, je größer die von diesem Bereich aufzunehmende Wärmemenge ist, die vom Schaufelteilvolumen und entsprechender Temperatur bestimmt ist.

Verfahren zur Herstellung von Turbinenschaufeln

- Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Herstellung von Turbinenschaufeln aus Rohlingen aus 7 - 14 %igen Chromstählen, die auf Schmiedetemperatur erhitzt und anschließend, insbesondere in einer Spindelpresse, präzisions-
- 5 geschmiedet werden, worauf die Schaufeln im wesentlichen aus der Schmiedehitze mit einem aus einer oder mehreren Düsen austretenden Kühlmittel abgekühlt und nach dem Abkühlen auf Raumtemperatur angelassen werden.
- 10 Zur Herstellung von Turbinenschaufeln, für deren Formgebung ein gedrunken, um nicht zu sagen klobig gestalteter Fuß und ein sich daran anschließendes, schlankes und meist mehr oder minder verwunden ausgebildetes Schaufelblatt charakteristisch ist, und die für den Dampfturbinen-
- 15 bau überwiegend aus 7 - 14 %igen Chromstählen gefertigt werden, die auch Legierungszusätze aus der Gruppe Mo, Ni, V, Nb, B, W, Cu, N enthalten können, ist es üblich, das Präzisionsschmieden anzuwenden. Dabei handelt es sich um einen Schmiedevorgang, bei dem aus einem entsprechend
- 20 vorgeformten Rohling im Schmiedegesenk bzw. neuerdings auch schlagartig in einer mit einem solchen ausgestatteten massiven Spindelpresse bei Schmiedetemperatur die vielfach unter Berücksichtigung einer Bearbeitungszugabe auf die Endform abgestellte präzise Formgebung erfolgt, an
- 25 die sich eine Wärmebehandlung zum Härten und Anlassen, sowie die mechanische Fertigbearbeitung anschließt.
- Im Bestreben, einen Kostenvorteil zu erreichen, wenn unter Verzicht auf eine langsame Abkühlung der geschmiedeten
- 30 Schaufeln auf Raumtemperatur und einen weiteren Erwärmungsschritt auf Austenitisierungstemperatur die Härtung gleich aus der Schmiedehitze vorgenommen wird,

ist schon versucht worden, die dafür erforderliche schroffe Abkühlung durch Ölhärtung auszuführen. Dabei hat sich jedoch ein derart starker Verzug ergeben, daß der erhoffte und energetisch auch erreichte Kostenvorteil
5 wegen der schwierig vorzunehmenden und sehr aufwendigen Egalisierung des eingetretenen Verzuges praktisch verlorengeht.

Zielsetzung des erfindungsgemäßen Verfahrens ist es daher, einen Ausweg aus dem genannten Dilemma aufzuzeigen
10 und dies gelingt in überraschender Weise derart, daß die von der bzw. den Düsen je Zeiteinheit abgegebene Kühlmittelmenge und/oder die Richtung des Kühlmittelstrahles derart gelenkt wird, daß die Kühlwirkung im jeweils davon
15 erfaßten Oberflächenbereich der Schaufel umso stärker ist, je größer die von diesem Bereich aufzunehmende Wärmemenge ist, die vom Schaufelteilvolumen und entsprechender Temperatur bestimmt ist.

20 Dabei hat es sich als vorteilhaft erwiesen, wenn die Abkühlung mit der Maßgabe gelenkt wird, daß die Unterschiede bei den Oberflächentemperaturen des Schaufelblattes das Ausmaß von 100°C nicht übersteigen.

25 Gemäß einer bevorzugten Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens wird die gelenkte Abkühlung der Schaufeln durch ein getrennt der Menge und/oder der Richtung nach regelbares System von Luft- und Wasserstrahldüsen vorgenommen, wobei am besten die Kühlmitteldüsen beidseitig
30 eines Transportweges für die, vorzugsweise hängend, durch eine Kühlungszone geförderten Schaufeln angeordnet werden

Das erfindungsgemäße Verfahren wird nachfolgend unter Bezugnahme auf ein Ausführungsbeispiel näher erläutert. Be-

schrieben wird dabei die Herstellung von Dampfturbinen-
schaufeln mit einer Blattlänge von 1500 mm, einer maximalen
Blattbreite von 300 mm und einer Blattverwindung von 70°
aus dem Chromstahl der Werkstoffnummer 1.4021 (X 20 Cr 13
5 entsprechend AISI 420). Bei der Schmiedung solcher
Schaufeln mittels einer Spindelpresse ergibt sich gegen-
über der vordem üblichen Fertigung auf dem Gegenschlag-
hammer der besondere Vorteil, daß unter Einhaltung gleicher
Bedingungen, insbesondere bezüglich der Schmiedetemperatur,
10 der Schlaganzahl, der Gesenkkühlung u.s.f., das die Presse
verlassende Produkt beim Vergleich in praktisch einheit-
licher Art und Weise vorliegt. Auf die Temperatur bezogen
bedeutet dies, daß zwar, durch die Verformung im Gesenk
bedingt, nicht mehr ein einheitliches Temperaturniveau
15 vorliegt, wie dies bei der Entnahme der Rohlinge (der
sogenannten Keulen) aus dem Ofen als Schmiede-Anfangs-
temperatur der Fall war, weil das schlanke Schaufelblatt
bei der Schmiedung stärker abkühlt als der Fuß, daß aber
beim Vergleich einer Schaufel mit praktisch jeder anderen
20 einer Fertigungsreihe die Oberflächentemperaturen bezogen
auf die jeweiligen Meßstellen übereinstimmen.

Zur Vermeidung von Karbidausscheidungen und der Perlit-
Umwandlung besteht beim Härten des genannten Stahltyps
25 das Erfordernis, die geschmiedeten Schaufeln rasch von
der Schmiede-Endtemperatur auf ein Temperaturniveau von
etwa 300°C abzukühlen, während die weitere Abkühlung auf
Raumtemperatur an ruhender Luft erfolgen kann.

30 Wegen der zwangsläufig eintretenden Abkühlung beim Mani-
pulieren der Schaufeln von der Entnahme aus dem Gesenk
bis zur Einbringung in die Kühlzone, haben sich folgende
Temperaturverhältnisse ergeben:

	Schmiede-Anfangstemperatur:	1150 ⁰ C
	Schmiede-Endtemperatur:	1100 ⁰ C
	Ausgangstemperatur für die Härtung:	
5	Schaufelfuß:	1000 ⁰ C
	Schaufelblatt:	900 ⁰ C

Die gelenkte Abkühlung im Sinne des erfindungsgemäßen Verfahrens erfolgte in einer Kühleinrichtung, die mit
10 einer Transportkette zur Aufhängung der Schaufeln und einem längs des Transportweges etwa spiegelbildlich, nach Höhe und Breite gestaffelt angeordneten und der Menge und teilweise auch der Richtung nach regelbaren Düsen-
system von Sprühdüsen für Luft und Wasser als Kühlmittel
15 ausgestattet ist. Während in Höhe des Schaufelfußes eine speziell auf diesen Bereich abgestellte intensive Kühlung durch eine eng-kegelig aufeinanderfolgende Reihe von Wassersprühstrahlen vorgenommen wurde, war die Kühl-
wirkung nach oben, also zum Schaufelkopf hin, zunehmend
20 schwächer dosiert. Das Schaufelblatt wurde hier nur mittels Luftstrahlen gekühlt, wobei die Kühlmittelmenge etwa proportional zum abnehmenden Schaufelteilvolumen und der Temperatur eingestellt war, wodurch die unter-
schiedlichen Oberflächentemperaturen des Schaufelblattes
25 nie mehr als 100⁰C differierten. Die Länge der Kühlungszone bzw. die Zeitdauer der Kühlung war derart bemessen, daß die Turbinenschaufeln beim Verlassen der Kühleinrichtung auf max. 300⁰C auch im Schaufelfuß abgekühlt waren, sodaß sie durch Lagerung an ruhender Luft auf
30 Raumtemperatur abgekühlt werden konnten.

Zur Vergütung wurde dann eine Erhitzung auf 740⁰C vorgenommen, und nach 3-stündiger Haltezeit an Luft auf Raumtemperatur abgekühlt. Die Schaufeln zeigten danach bloß

einen minimalen Verzug, der sich auf konventionelle Art und Weise mit vergleichsweise geringem Kostenaufwand beheben ließ.

5 Um den gravierenden Unterschied aufzuzeigen, der sich vergleichsweise ergeben hat, wenn anstatt der beschriebenen erfindungsgemäßen Härtung der Turbinenschaufeln durch eine gelenkte Steuerung ihrer Abkühlung auf etwa 300⁰C die Härtung in einem auf 300⁰C erwärmten Ölbad oder - was auch
10 noch versucht wurde - in einem aus etwa 300⁰C heißem Quarzsand durch einen Luftstrom gebildeten Wirbelbett vorgenommen wurde, werden die ausgewerteten Ergebnisse einer Serie von je 200 Schaufeln des beschriebenen Schaufeltyps entsprechend den mittleren Maximalwerten für den sich aus
15 Durchbiegung und Verdrallung gegenüber dem Sollprofil in verschiedenen Meßebenen ermittelten Verzug bezogen auf das prozentuelle Ausmaß in einer grafischen Gegenüberstellung wie folgt ausgewiesen, wobei als Vergleichsbasis für den Prozentsatz von 100 % die gemittelten Maximalwerte
20 für diesen Schaufeltyp herangezogen sind, die sich bei der bislang üblichen Technologie (Fertigung mit dem Gegen-schlaghammer und Härtung nach einem gesonderten Wärmebehandlungsschritt durch Aufheizen auf die Härtetemperatur und Abschrecken im heißen Ölbad) ergeben haben.

25

Die Ziffern auf der Abszisse bedeuten:

- 1: Vergleichsbasis
- 2: Ölhärtung aus der Schmiedehitze
- 3: erfindungsgemäße Härtung aus der Schmiedehitze
- 30 4: Härtung im heißen Sand-Wirbelbett aus der Schmiedehitze

P a t e n t a n s p r ü c h e :

1. Verfahren zur Herstellung von Turbinenschaufeln aus Rohlingen aus 7 - 14 %igen Chromstählen, die auf Schmiedetemperatur erhitzt und anschließend, insbesondere in einer Spindelpresse, präzisionsgeschmiedet werden, worauf
5 die Schaufeln im wesentlichen aus der Schmiedehitze mit einem aus einer oder mehreren Düsen austretenden Kühlmittel abgekühlt und nach dem Abkühlen auf Raumtemperatur angelassen werden, dadurch gekennzeichnet, daß die von der bzw. den Düsen je Zeiteinheit abgegebene Kühlmittel-
10 menge und/oder die Richtung des Kühlmittelstrahles derart gelenkt wird, daß die Kühlwirkung im jeweils davon erfaßten Oberflächenbereich der Schaufel umso stärker ist, je größer die von diesem Bereich aufzunehmende Wärmemenge ist, die vom Schaufelteilvolumen und entsprechender
15 Temperatur bestimmt ist.
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Abkühlung mit der Maßgabe gelenkt wird, daß die Unterschiede bei den Oberflächentemperaturen des Schaufel-
20 blattes das Ausmaß von 100°C nicht übersteigen.
3. Verfahren nach den Ansprüchen 1 und 2, dadurch gekennzeichnet, daß die gelenkte Abkühlung der Schaufeln durch ein getrennt der Menge und/oder der Richtung nach regel-
25 bares System von Luft- und Wasserstrahldüsen vorgenommen wird.
4. Verfahren nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, daß die Kühlmitteldüsen beidseitig eines Transportweges für
30 die, vorzugsweise hängend, durch eine Kühlungszone geförderten Schaufeln angeordnet werden.

