

19



Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets



11 Veröffentlichungsnummer: **0 520 288 A1**

12

EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

21 Anmeldenummer: **92110107.7**

51 Int. Cl.⁵: **F03B 3/12**

22 Anmeldetag: **16.06.92**

30 Priorität: **28.06.91 CH 1924/91**

43 Veröffentlichungstag der Anmeldung:
30.12.92 Patentblatt 92/53

84 Benannte Vertragsstaaten:
CH DE FR GB IT LI

71 Anmelder: **ASEA BROWN BOVERI AG**

CH-5401 Baden(CH)

72 Erfinder: **Schönenberger, Martin**
Bremgartnerstrasse 83
CH-8003 Zürich(CH)
Erfinder: **Havakechian, Said**
Brisgi-Strasse 24
CH-5400 Baden(CH)
Erfinder: **Lannefors, Nils**
Zürcherstrasse 165
CH-5432 Neuenhof(CH)
Erfinder: **Steiger, Ulrich**
Brunnwiesenstrasse 40
CH-8039 Zürich(CH)

54 **Turbomaschinenschaufel für subsonische Verhältnisse.**

57 Eine Turbomaschinenschaufel für subsonische Verhältnisse mit einer im Bereich der Vorderkante und über dem überwiegenden Teil der Saugseite (S) konvex gekrümmten Profilkontur und mit einem im Bereich der Druckseite (D) konkav gekrümmten Profilkontur ist die Profilkontur im saugseitigen Hinterkantenbereich konkav (K) ausgebildet. In diesem Bereich wird dadurch die für den Profilverlust massgebliche Impulsmangeldicke verringert.

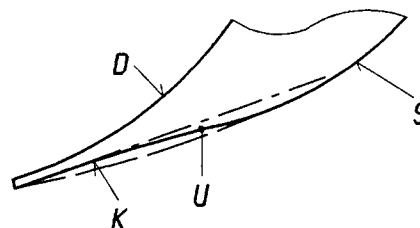


FIG. 2

EP 0 520 288 A1

Technisches Gebiet

Die Erfindung betrifft eine Turbomaschinenschaufel für subsonische Verhältnisse mit einer im Bereich der Vorderkante und über dem überwiegenden Teil der Saugseite konvex gekrümmten Profilkontur und mit einem im Bereich der Druckseite konkav gekrümmten Profilkontur, wobei die gesamte Profilkontur einen stetigen Kurvenverlauf aufweist,

Stand der Technik

Bei der Profilauslegung solcher Turbomaschinenschaufeln wird in der Regel darauf geachtet, dass das Geschwindigkeitsmaximum auf der Saugseite und die anschliessende verlustbehaftete Verzögerung kleinstmöglich gehalten wird. Die Profilkontur der bekannten Schaufeln ist üblicherweise im Bereich der saugseitigen Hinterkante entweder gerade oder leicht konvex ausgebildet. Andere bekannte Möglichkeiten, um den Profilverlust zu verringern, bestehen darin, den laminarturbulenten Umschlag der saugseitigen Grenzschicht mittels geeigneter Beschleunigung der Strömung so weit wie möglich hinauszuzögern. Dem liegt die Tatsache zugrunde, dass eine turbulente Grenzschicht stärker verlustbehaftet ist als eine laminare Grenzschicht.

Darstellung der Erfindung

Ausgehend von der Tatsache, dass der Profilverlust massgeblich durch die vorherrschende Impulsmangeldicke an der Hinterkante einer Schaufel beeinflusst ist, stellt sich der Erfindung nunmehr die Aufgabe, bei einer Turbomaschinenschaufel der eingangs genannten Art an der Hinterkante Massnahmen zu treffen, um dort die Impulsmangeldicke kleinstmöglich zu halten.

Erfindungsgemäss wird dies dadurch erreicht, dass die Profilkontur im saugseitigen Hinterkantenbereich konkav ausgebildet ist. Mit dieser Massnahme kann die saugseitige Grenzschichtentwicklung günstig beeinflusst werden.

Es ist besonders zweckmässig, wenn der konkave Abschnitt sich von der Hinterkante aus erstreckt über eine Länge, die im wesentlichen der Distanz zwischen zwei benachbarten Schaufeln im engsten Querschnitt entspricht.

Zwar ist es bereits bei transonischen und supersonischen Schaufelprofilen bekannt, den saugseitigen Austrittsbereich konkav auszubilden. Jedoch liegen dort im funktionellen Zusammenwirken mit dem entsprechend konfigurierten druckseitigen Austrittsbereich der Nachbarschaufel Lavalverhältnisse vor.

Kurze Beschreibung der Zeichnung

In der Zeichnung ist ein Ausführungsbeispiel der Erfindung anhand einer axialdurchströmten Turbinenbeschaufelung dargestellt.

Es zeigen:

- Fig.1 die teilweise Abwicklung eines zylindrischen Schnittes durch eine Schaufelung;
- Fig.2 eine vergleichende Darstellung von bekannten und neuer Hinterkantenausbildung;
- Fig.3 ein Schaubild Machzahl-Verteilung über den abgewinkelten druck- und saugseitigen Profilkonturen;
- Fig.4 ein Schaubild Impulsmangeldicken-Verteilung über den abgewinkelten druck- und saugseitigen Profilkonturen.

Weg zur Ausführung der Erfindung

Gemäss Fig.1 kann die Zylinderabwicklung als gerades Schaufelgitter betrachtet werden. Erkennbar ist, dass es sich um eine Turbinenbeschaufelung für subsonische Verhältnisse handelt mit stetigem Verlauf der gesamten Profilkontur. Mit Se ist die Sehne der Schaufeln bezeichnet, mit S deren Saugseite und mit D ihre Druckseite. Beim gezeigten Beispiel beträgt das Verhältnis der Schaufelteilung T zur Sehnenlänge Se ca. 0.8. Die Schaufeln sind mit einem Winkel θ von ca. 55° gestaffelt. Der Bereich der Vorderkante und der überwiegende Teil der Saugseite sind mit konvex gekrümmter Profilkontur versehen. Der Bereich der Druckseite weist eine konkav gekrümmte Profilkontur auf. Der engste vom Arbeitsmittel zu durchströmende Querschnitt Q bemisst sich bei diesen Verhältnissen ab der druckseitigen Hinterkante einer Schaufel bis zum konvexen Schaufelrücken der benachbarten Schaufel, unabhängig von der saugseitigen Ausbildung deren Hinterkante. An diesem Element setzt nun die Erfindung ein.

Im Abströmbereich ist die Profilkontur der Schaufeln saugseitig konkav ausgebildet. Diese in Fig.2 näher erläuterte Konkavität erstreckt sich vorzugsweise von der eigentlichen Hinterkante über eine Erstreckung E, die in etwa dem oben erwähnten Mass Q entspricht.

In Fig.2 ist die neue Massnahme im Detail dargestellt. Es versteht sich, dass hier auf die Bekanntgabe von all den Berechnungen zugrundeliegenden Absolutwerten verzichtet wird, da diese wegen ihrer Abhängigkeit von allzu zahlreichen Parametern ohnehin ungenügende Aussagekraft besitzen. Zu Vergleichszwecken sind strichpunktiert die bisher bekannten Profilkonturen dargestellt, wobei jeweils von einer gleichen Hinterkantenstärke ausgegangen wird. Die strichpunktierte Kontur weist

auf eine gerade saugseitige Hinterkante hin, wobei hier der Übergang zum konvexen Teil nicht gezeigt ist; die strichlierte Kontur entspricht der konvexen Profilausbildung, die eine Fortsetzung des konvexen Schaufelrückens ist. Zwischen beiden liegt die neue konkave Kontur K. Als unverbindliche Bemessungsregel kann die Kontur folgendermassen erläutert werden: Von der Hinterkantenecke aus wird eine Tangente an die Saugseite angelegt. Von dieser Tangente aus weicht jetzt die Wandung Richtung Druckseite aus. Die neue Kontur setzt sich demnach aus zwei Teilen zusammen. Zunächst einem ersten, an die Saugseite angrenzenden Abschnitt mit stärker eingezogener Konvexität, die bis zum Wendepunkt U hin reicht und von dort an den eigentlichen konkaven Abschnitt K, der sich bis zur Hinterkantenecke erstreckt. Diese Profilkontur muss so gestaltet werden, dass die saugseitige Strömungsgeschwindigkeit nach dem erreichten Maximum zunächst mit einem stärkeren Gradienten und danach mit einem schwächeren Gradienten verzögert wird. Gegebenenfalls kann sogar zur Hinterkante hin eine leichte Beschleunigung auftreten.

Wie dies qualitativ und quantitativ aussieht, zeigen die Diagramme in den Fig. 3 und 4. Auf den Abzissen der beiden Diagramme ist dimensionslos die Sehnenlänge S_e der Schaufeln aufgetragen. Die Abzisse in Fig.3 trägt die Machzahl M , jene in Fig.4 das dimensionslose Verhältnis J der Impulsmangeldicke zur Sehnenlänge. Die mit D indizierten Kurvenzüge bezeichnen die jeweils vorliegenden Verhältnisse auf der Schaufeldruckseite, während die mit S indizierten Kurvenzüge die jeweils vorliegenden Verhältnisse auf der Schaufelsaugseite darstellen.

Hinsichtlich der untersuchten Profile handelt es bei den ausgezogenen Kurven N um das mit der neuen Massnahme versehene Profil, während die gestrichelten Kurven B die Ergebnisse bei einem Profil mit konvexem Verlauf der saugseitigen Hinterkante zeigen. Der besseren Übersicht wegen sei hier die Annahme erlaubt, dass auf den Druckseiten beider untersuchter Profile jeweils die gleichen Verhältnisse herrschen; die Vollkurven N_D sind demnach in beiden Diagrammen deckungsgleich mit den nichtgezeigten gestrichelten Kurven B_D .

Aus Fig.3 ist nunmehr anhand der Kurve N_S gegen die Hinterkante hin die zuerst starke Verringerung der Machzahl mit anschliessender Abflachung bis zum Endwert hin ersichtlich. Ganz im Gegensatz hierzu der Verlauf der Kurve B_S , die vom Höchstwert stetig gegen den Endwert absinkt.

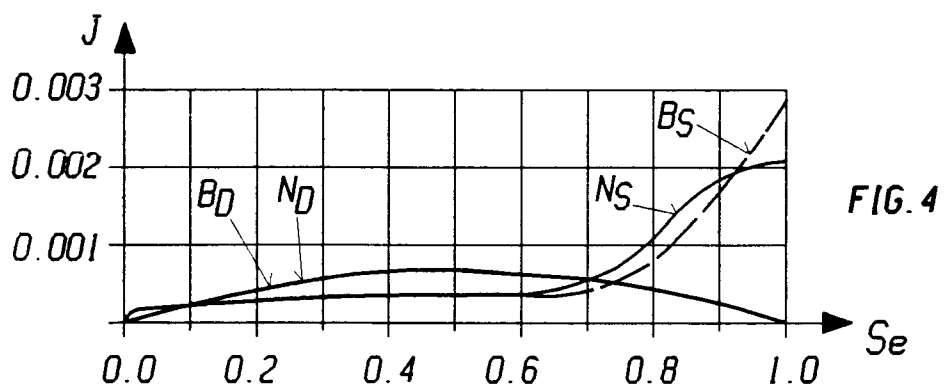
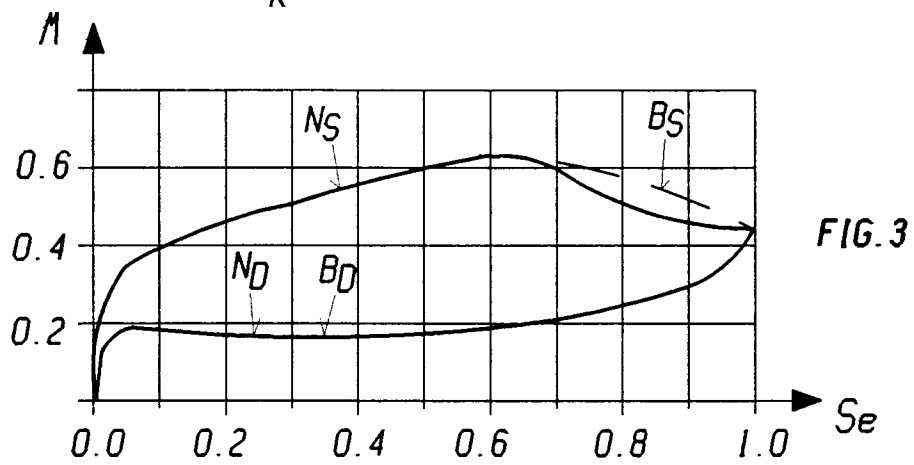
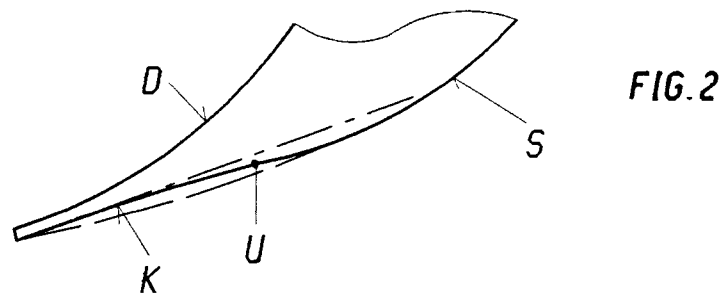
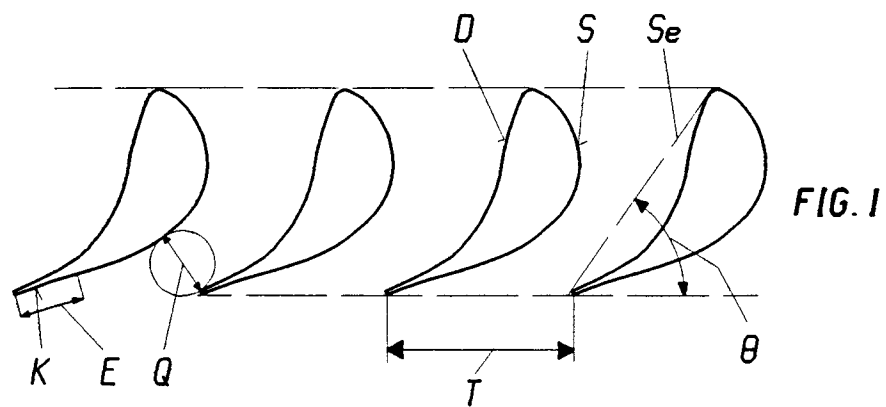
Wie die neue Massnahme sich bezüglich der Impulsmangeldicke auswirkt, ist in Fig.4 dargestellt. Die entsprechenden Grenzschichtrechnungen zeigen nunmehr, dass analog zur Machzahlverteilung in Fig.3 der grössere Gradient der Geschwindigkeitsabnahme gemäss Kurve N_S zunächst zu ei-

nem stärkeren Anwachsen der Impulsmangeldicke führt. Der anschliessende kleinere Gradient der Geschwindigkeitsabnahme gegen die Hinterkante zu führt indes zu einer deutliche Abflachung der Impulsmangeldicke. Im Ergebnis ist dank der neuen Kontur die für den Profilverlust entscheidende Impulsmangeldicke an der Hinterkante kleiner als der vergleichbare, mit konvexer Hinterkante erzielbarer Wert, wie dies die Kurve B_S unmissverständlich zeigt.

Selbstverständlich ist die Erfindung nicht auf das dargestellte und beschriebene Beispiel beschränkt. Sie kann mit Vorteil bei allen stark oder schwach umlenkenden Turbinenprofilen Anwendung finden.

Patentansprüche

1. Turbomaschinenschaufel für subsonische Verhältnisse mit einer im Bereich der Vorderkante und über dem überwiegenden Teil der Saugseite (S) konvex gekrümmten Profilkontur und mit einem im Bereich der Druckseite (D) konkav gekrümmten Profilkontur, wobei die gesamte Profilkontur einen stetigen Kurvenverlauf aufweist, dadurch gekennzeichnet, dass die Profilkontur im saugseitigen Hinterkantenbereich konkav (K) ausgebildet ist.
2. Turbomaschinenschaufel nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass der konkave Abschnitt (K) im Hinterkantenbereich sich von der Hinterkante aus erstreckt über eine Länge (E), die in etwa der einfachen bis der doppelten Distanz (Q) zwischen zwei benachbarten Schaufeln im engsten Querschnitt entspricht.





Europäisches
Patentamt

EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung

EP 92 11 0107

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (Int. Cl.5)
X	DE-C- 249 844 (BRIEGLER) * Seite 1, Zeilen 28-39; Abbildung 2 *	1,2	F 03 B 3/12
A	US-A-1 748 892 (ALLIS-CHALMERS) * Seite 2, Zeilen 3-6,53-60; Abbildung 6 *	1,2	
			RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (Int. Cl.5)
			F 03 B
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenort DEN HAAG		Abschlußdatum der Recherche 30-09-1992	Prüfer DE WINTER P.E.F.
KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE			
X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie A : technologischer Hintergrund O : nichtschriftliche Offenbarung P : Zwischenliteratur		T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze E : älteres Patentedokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist D : in der Anmeldung angeführtes Dokument L : aus andern Gründen angeführtes Dokument & : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument	