Modernisierung und Umbau von Wasserkraftwerken : moderne Laufradfertigung

Autor(en): **Grein, Herbert**

Objekttyp: **Article**

Zeitschrift: **Bulletin des Schweizerischen Elektrotechnischen Vereins, des Verbandes Schweizerischer Elektrizitätsunternehmen = Bulletin de l'Association Suisse des Electriciens, de l'Association des Entreprises électriques suisses**

Band (Jahr): **85 (1994)**

Heft 2

PDF erstellt am: **28.05.2024**

Persistenter Link: https://doi.org/10.5169/seals-902529

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.
Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.
Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

Ein Dienst der *ETH-Bibliothek*
ETH Zürich, Rämistrasse 101, 8092 Zürich, Schweiz, www.library.ethz.ch

http://www.e-periodica.ch

Aus der laufenden Entwicklung neuer Herstellverfahren für die Laufradfertigung werden zwei vorgestellt, die in letzter Zeit die Produktionsreife erreicht haben: der Micro-Guss und das Pressen von Schaufeln. Beide Verfahren basieren auf schnellen Rechenoperationen, insbesonders auf der Beherrschung dreidimensionaler Flächenmodelle [1]. Im Vergleich zu konventioneller Fabrikation von Laufrädern ergeben sich kürzere Durchlaufzeiten, was diese Verfahren besonders für Modernisierungen qualifiziert.

Modernisierung und Umbau von Wasserkraftwerken: Moderne Laufradfertigung

■ Herbert Grein

Das Micro-Guss-Verfahren [2]

Beschreibung des Verfahrens

Beim Micro-Guss handelt es sich um formgebendes Schweissen von Schaufelteilen in direkter Verbindung mit Schaufelträgern.

Das erschweisste Materialvolumen entsteht durch das Abschmelzen eines Drahtes unter Zufuhr elektrischer Energie. Der Lichtbogen wird durch inertes Gas vor der Reaktion mit atmosphärischem Sauerstoff geschützt.

Den gesamten Prozess führen Roboter aus, die ihre Steuerbefehle von einem Rechner erhalten. Informationen über einzuhaltende Schweissparameter und lineare Bewegungen

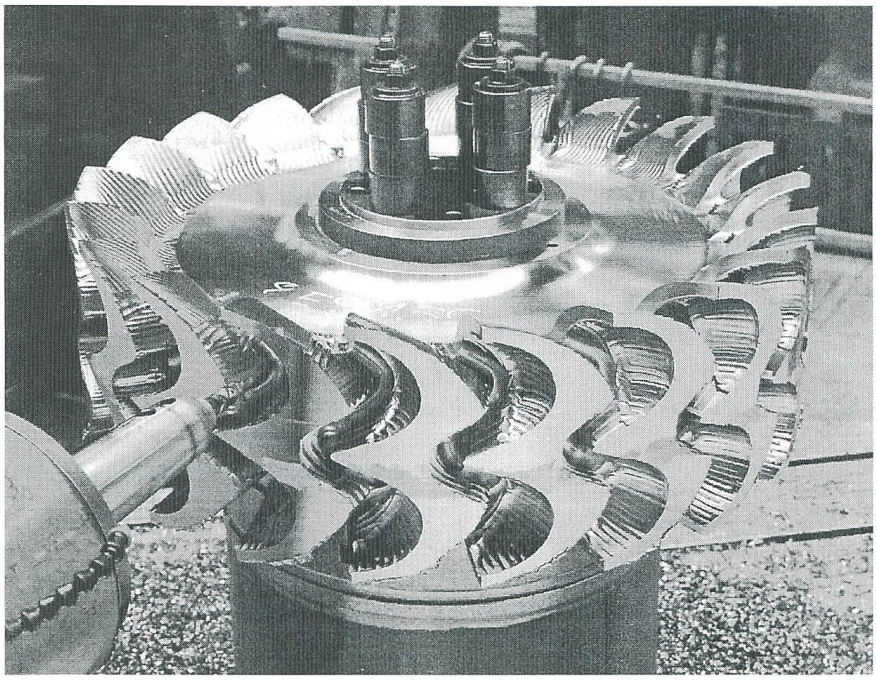


Bild 1 Ausgangswerkstück und Schaufelträger ist eine rotationssymmetrische Scheibe aus geschmiedetem X5CrNi13.4. Die radial innenliegende Becherkontur wird durch NC-Fräsen aus dem Vollen herausgearbeitet

Adresse des Autors:
Dr. *Herbert Grein*, stellvertretender Direktor,
Leiter Technik und Projektierung
Sulzer-Escher Wyss, 8023 Zürich.

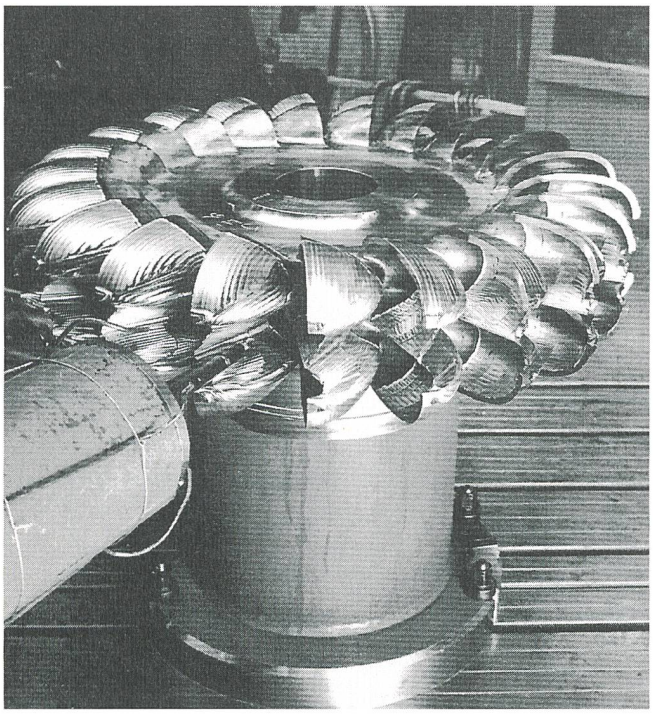


Bild 2 Aussenvolumen der Becher werden microgegossen und anschliessend allseitig gefräst und geschliffen

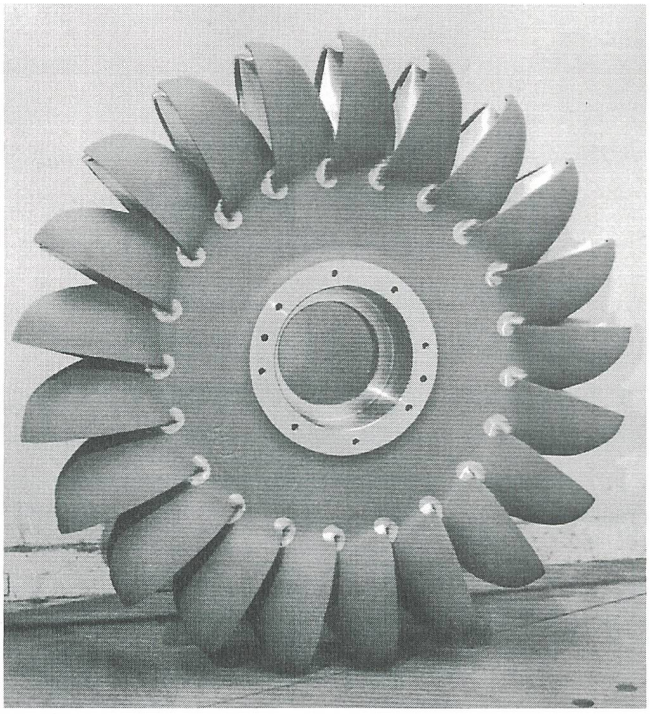


Bild 3 Konturen sind exakt und umfangssymmetrisch

des lichtbogenführenden Düsenmundstückes speist der Rechner kontinuierlich ein. Rückwirkend empfängt und speichert der Rechner Informationen über die Ausführungsqualität

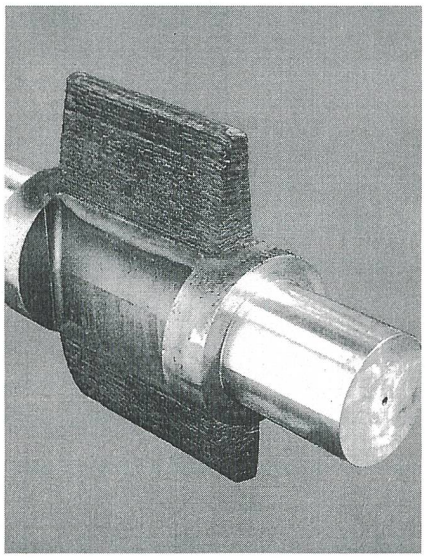


Bild 4 Beispiel Leitschaufel

seiner Befehle, was einen Teil der Qualitätssicherung ausmacht. Der Volumenaufbau geschieht durch gesteuertes Raupenschweissen in annähernd horizontalen, übereinanderliegenden Schichten.

Nach der Bearbeitung der Oberfläche auf Endform folgt eine Spannungsarmglühung.

Produktqualität

Die Oberflächen der hydraulischen Kontur von Schaufelträgern und Micro-Guss-gefertigten Schaufeln entstehen in ihrer Form durch numerisch gesteuertes Fräsen (NC), die geforderte minimale Rauheit wird durch Schleifen gefertigt. Die Materialeigenschaften des Micro-Gusses erfüllen die Anforderungen der Werkstoffnorm für Integralguss vergleichbarer Materialien.

Eignung und Anwendung des Verfahrens

Einsatz von Micro-Guss ist sinnvoll:

- wenn das Volumen des Schaufelträgers, als Fundament für Micro-Guss-gefertigte Teile, gross ist gegenüber dem Micro-Guss-Volumen
- wenn der Schaufelträger die grössten Beanspruchungen übernimmt und deswegen aus hochwertigerem Material als Guss besteht
- wenn die Zugänglichkeit für zerstörungsfreie Prüfungen durch Schichtaufbau wesentlich verbessert wird
- wenn die Zugänglichkeit für Bearbeitung bei hinterschnittenen Kanten verbessert wird
- wenn Durchlaufzeiten verkürzt werden

Beispiel Peltonlaufrad

Ausgangswerkstück und Schaufelträger ist eine rotationssymmetrische Scheibe aus geschmiedetem X5CrNi13.4, die sich radial bis zu einem Schnitt kleiner als der Strahlkreis-Durchmesser erstreckt (Bild 1).

Die radial innenliegende Becherkontur wird durch NC-Fräsen aus dem Vollen herausgearbeitet und die Oberfläche fertiggeschliffen. Aussenvolumen der Becher werden microgegossen und anschliessend allseitig gefräst und geschliffen (Bild 2). Anschliessend folgen die Wärmebehandlung und das Polieren. Vorteile des Verfahrens:

Jahr	Anlage	Leistung (MW)	Durchmesser (mm)	Fabrikationsart (c/w)	Blechdicke (mm)
1916	Eglisau	4,5	4150	c	25,0
1918	Mühleberg	6,4	3280	c	30,0
1945	Laufenburg	9,9	4200	c	14,0
1993	Landquart	0,3	1046	w	8,0
c: Schaufeln eingegossen, w: Schaufeln angeschweisst					

Tabelle 1 Liste einiger Anlagen mit gepressten Francisschaufeln

- hydraulische Konturen sind exakt und umfangssymmetrisch (Bild 3)
- Wurzelbeanspruchungen liegen im geschmiedeten Gefüge, daher grössere mechanische Sicherheit
- im Micro-Gussgefüge kleine Beanspruchungen

Beispiel Leitschaufel (Bild 4)

Ausgangswerkstück ist die geschmiedete und vorbearbeitete Leitschaufel-Stange mit dem Schaufelmittelteil zwischen den beidseitigen Zapfen. Hierauf werden die Volumina der Eintritts- und Austrittspartie der Leitschaufel microgegossen und durch NC-Fräsen und Schleifen fertig bearbeitet.

Kundennutzen

- kürzere Durchlaufzeiten [3]
- höhere zulässige Beanspruchungen an den Stellen höherer Spannung, damit grössere Sicherheit gegen Ermüdung an den Wurzeln

Entwicklungspotential des Verfahrens

- Kostenminimierung und Verkürzung der Durchlaufzeiten durch weitere Automatisierung und unbeaufsichtigtem 24-Stunden-Betrieb
- Gefügeoptimierung durch Änderung im Schweissprozess und der thermischen Behandlung
- gezielter Werkstoffeinsatz mit lokalen Unterschieden je nach Beanspruchungsmechanismus wie Korrosion oder Abrasion
- Kombination unterschiedlicher Materialeigenschaften von Schaufelträger und Micro-Guss-Schaufel

Radialräder mit gepressten Schaufeln

Vorgeschichte (Tabelle 1)

Francisräder mit gepressten Schaufeln wurden von Anfang des Jahrhunderts bis in

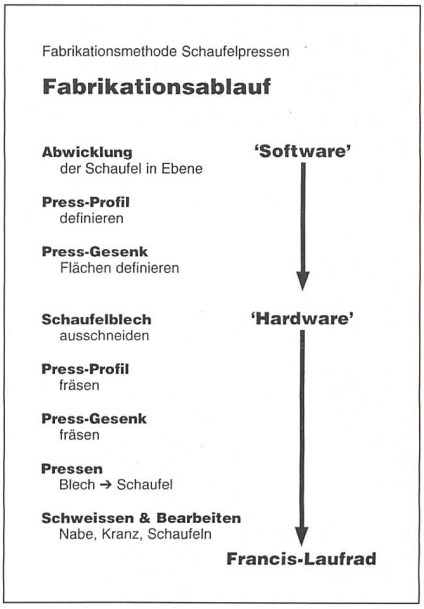


Bild 6 Fabrikationsablauf Schaufelpressen: «Software»

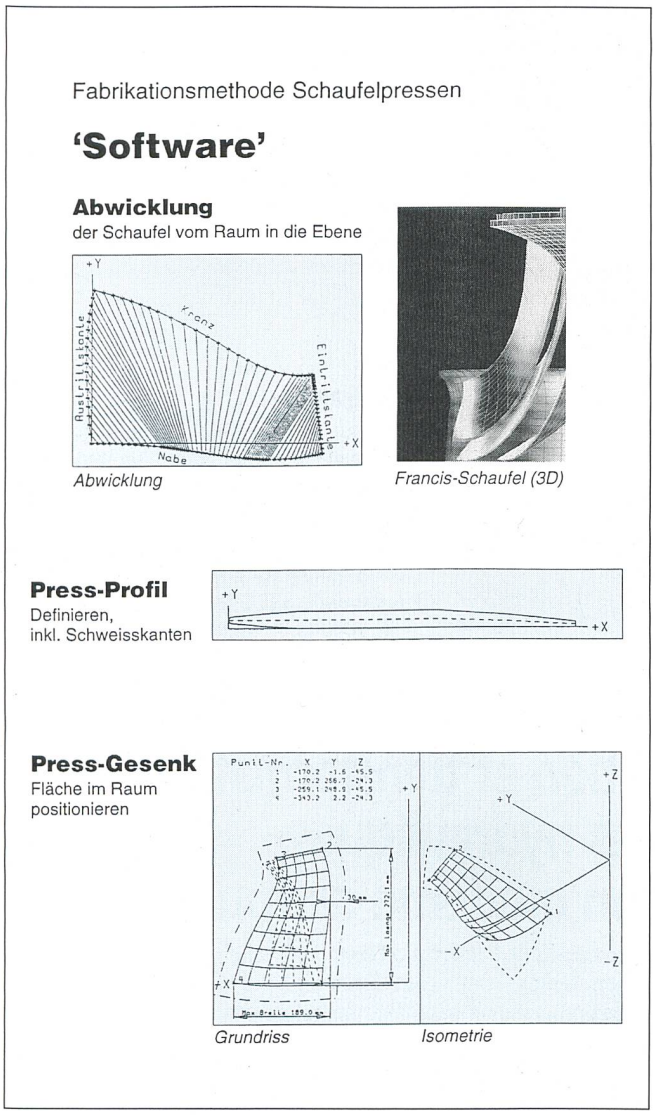


Bild 5 Fabrikationsablauf beim Schaufelpressen

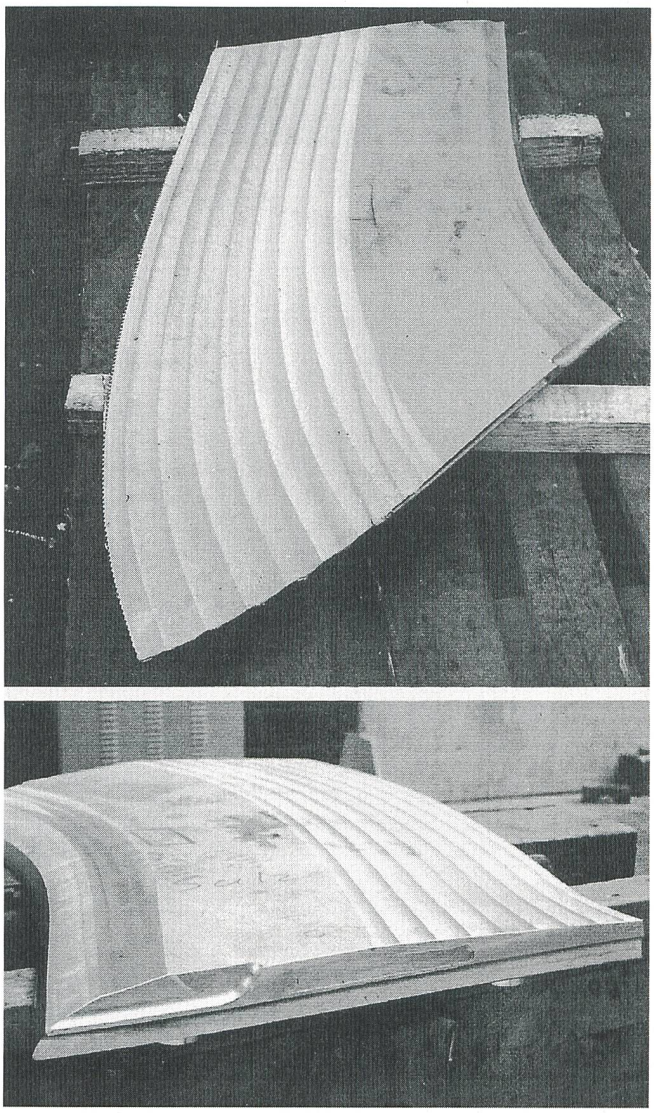


Bild 7 Gefrästes Schaufelblech vor dem Pressen

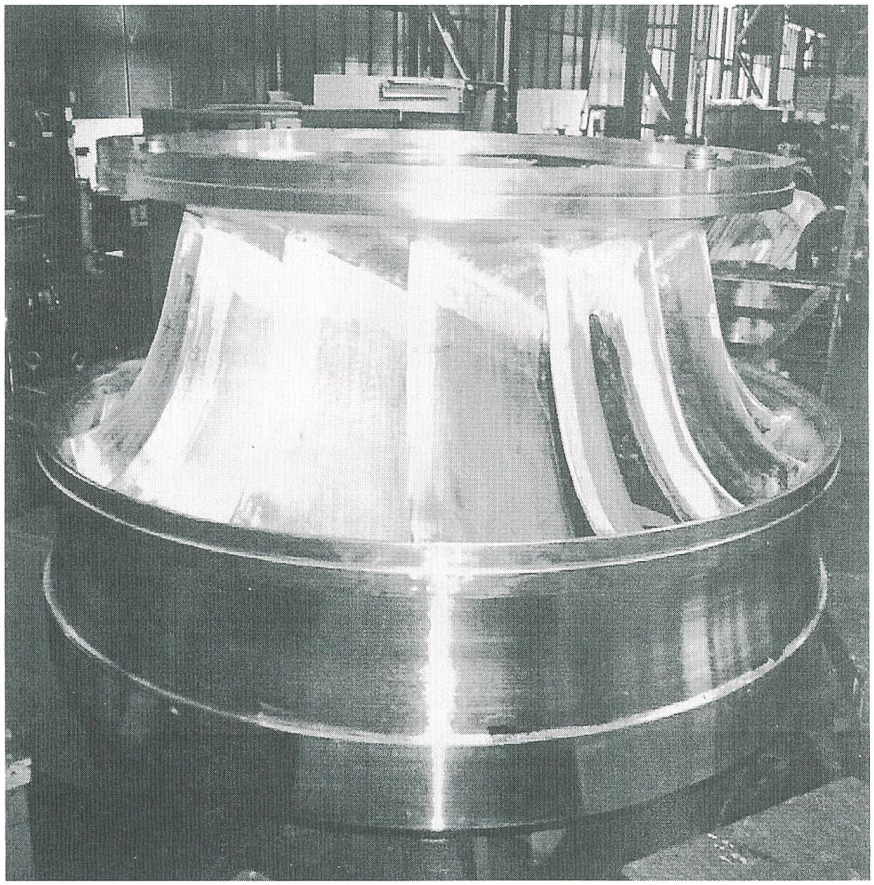


Bild 8 Fertiges Francislaufrad

die 50er Jahre gefertigt. Dabei wurden vorgepresste und nur geringfügig an Ein- und Austrittskante profilierte Stahlbleche konstanter Dicke in einem Giessvorgang mit Nabe und Kranz aus Grauguss verbunden. Diese Technologie ist in zweifacher Hinsicht modifiziert und optimiert worden. Gepresste Blechschaufeln werden jetzt in Kranz und Nabe eingeschweisst (Francislaufräder und in grossem Umfang bei Kompressorenlaufrädern), zudem erlaubt der Fortschritt in 3-D-Flächenmanipulationen das Profilieren der ebenen Schaufeln vor dem Pressen.

Beschreibung des neuen Verfahrens (Bild 5)

Die nach hydraulischen und mechanischen Kriterien definierte, räumlich gekrümmte Schaufel wird in die Ebene abgewickelt und definiert das Ausgangsprofil vor dem Pressen, das durch NC-Fräsen aus ebenen Blechen herausgearbeitet wird (Bilder 6 und 7). Die ebenen Bleche haben auch schon Schweisskanten und Eintrittskantenprofil. Aus dem Soll-Endprofil resultiert die Gesenkform. Der Pressvorgang im Gesenk beginnt mit einer Temperatur von etwa 1000 °C und endet bei etwa 300 °C, worauf die Bleche der Form entnommen werden.

Nach dem Einschweissen mit Mantelelektroden zwischen artgleichen Kranz und Nabe folgt bei martensitischem Material eine Spannungsarmglühung (Bild 8).

Produktqualität

Die hydraulischen Profile sind innerhalb kleiner Toleranzen (meist besser als die IEC-Empfehlungen vorschreiben) homolog zu geprüften Modellen oder entsprechen den theoretisch optimierten Profilen.

Die Oberflächenqualität erfüllt bezüglich Welligkeit und Rauheit die Anforderung für «hydraulisch glatt».

Blech zeigt gegenüber Guss gleicher chemischer Zusammensetzung leicht bessere Kavitationseigenschaften infolge des homogeneren Gefüges.

Blechdicke und Schweissnaht entsprechen den Anforderungen der statischen und dynamischen Festigkeitsanalyse.

Materialeigenschaften und Prüfung

Gegenüber Integralguss ergeben sich für die Schaufel aus Blech höhere mechanische Werkstoff-Kennwerte. Geprüft werden nach dem Schweissen lediglich die Schweissnähte mit den üblichen zerstörungsfreien Verfahren. Im Falle von Austenit kann nicht magnetisiert werden, und für die Ultraschallprüfung sind spezielle Prüfkörper nötig.

Anwendungsgebiet und Kundennutzen:

- das Verfahren ist geeignet für kleine bis mittelgrosse Laufräder (D2 < 4 m) unabhängig von der Schnelläufigkeit
- grösster Kundennutzen besteht in 15–20% kürzeren Lieferzeiten
- homogenerer und mechanisch festerer Schaufelwerkstoff

Entwicklungspotential des Verfahrens

- weitere Reduktion der Lieferzeit durch vermehrten Einsatz von Austenit (Blechbeschaffung ist günstiger, Spannungsarmglühen entfällt)
- höherer Grad von Automatisierung durch Kürzung der Prozesskette vom Profil zum Blech sowie Einsatz von Robotern.

Literatur

[1] *Grein, H., Schneebeli, F., Bantli, H.*: Die Modellierung dreidimensionaler Flächen, ein Werkzeug für Entwicklung und Fertigung hydraulischer Maschinen. Technische Rundschau Sulzer, H. 2/1989.

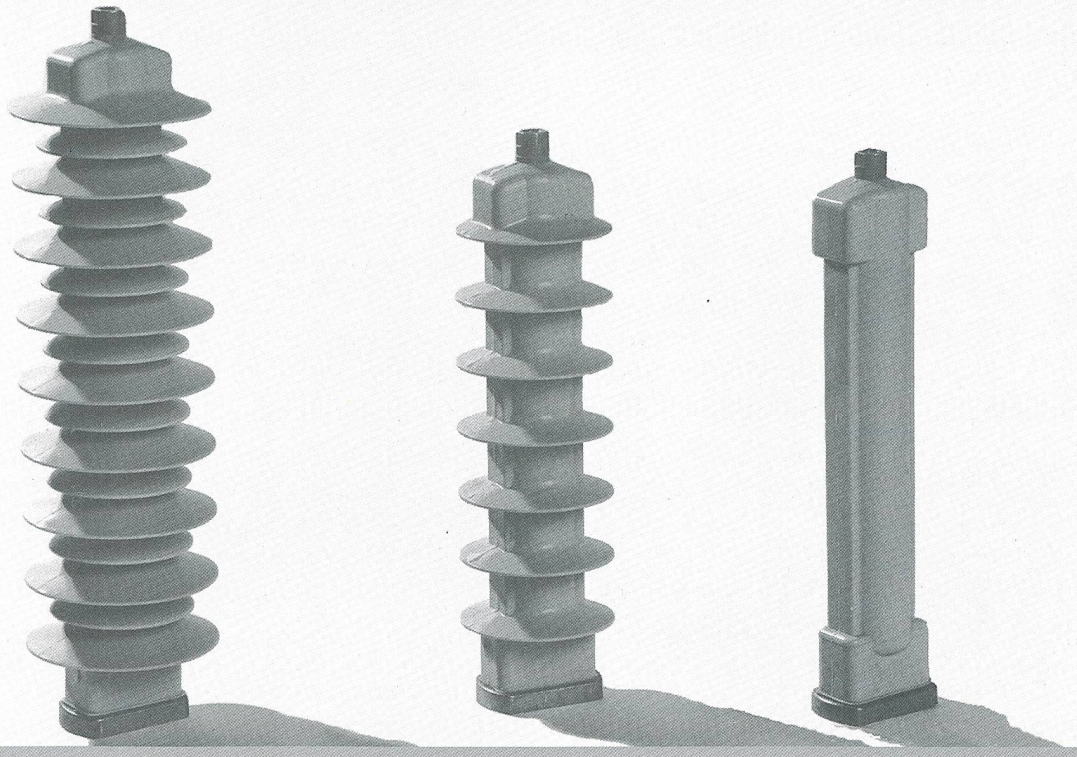
[2] Sulzer AG: Verfahren zur Herstellung von metallischen Werkstücken mit einer Schweissvorrichtung und Vorrichtung zur Ausführung derselben; Europ. Patentanmeldung EP O 496181 A1.

[3] Innovations: Schnelle Prototypen. Technische Rundschau Sulzer, H.2/1993.

Modernisation et transformation de centrales hydrauliques: construction moderne de roue

Parmi les nouveaux processus de construction de roue, il est possible d'en présenter deux qui, ces derniers temps, sont venus à maturité: le micro-coulage et le pressage d'aubes. Ces deux processus se basent sur des calculs informatiques rapides, en particulier sur la maîtrise de modèles tridimensionnels [1]. La diminution du temps de fabrication par rapport aux méthodes conventionnelles sont en faveur de ces procédés, en particulier pour la modernisation.

Antoine-Laurent Lavoisier ist uns wohl bekannt.



Als einer der weltweit führenden Anbieter von Metalloxid-Widerständen sind wir dem Vater der modernen Chemie dankbar. Seine Theorien der Verbrennung und Oxidation repräsentieren Meilensteine für die Industrialisierung. Während der Französischen Revolution wurde Lavoisier mit den Monarchisten verurteilt und guillotiniert. Seine wissenschaftlichen Erkenntnisse jedoch haben überlebt und auch uns inspiriert.

In der neuen Produktionsanlage der ABB Hochspannungstechnik AG in Wettingen/AG dringen wir in neue Dimensionen der Materialtechnologie vor. Neben leistungsstarken Ableitern in Porzellangehäusen fertigen wir gewichtsarme Kunststoffableiter für Spannungen zwischen 0,1 und 800 kV. Die Metalloxid-Widerstände, welche wir in unseren Ableitern verwenden, produzieren wir selbst. Ob Innenraum, Aussenraum oder Spezialanwendungen – wir garantieren einen optimalen Schutz Ihrer elektrischen Installationen,

damit Sie nie den Kopf verlieren.

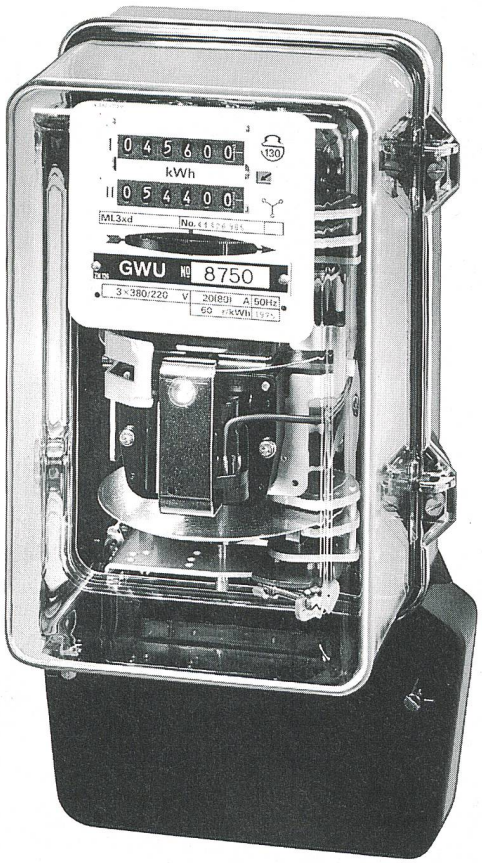
Performance on line

ABB Hochspannungstechnik AG
Abteilung Überspannungsableiter
Jurastrasse 45
CH-5430 Wettingen/Schweiz
Telefon: + 41 (0) 56 75 27 77
Telefax: + 41 (0) 56 27 03 06

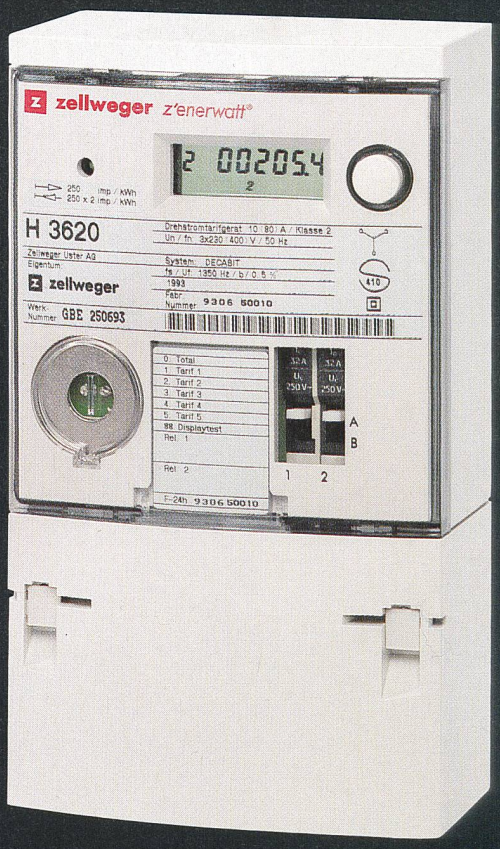
ABB

© Copyright ABB High Voltage Technologies Ltd.

Wir haben den Stromzähler neu erfunden, nicht das Rad.



In herkömmlichen Zählern rotiert die altbekannte Ferraris-Scheibe, bis sie aufwendig nachkalibriert werden muss. Das eingebaute Register kennt nur Tag- und Nachtstrom. Zum Ablesen gibt es nur eine Möglichkeit: Abschreiben. Aber das ist jetzt Vergangenheit.



Im neuen elektronischen Zähler z'enerwatt läuft alles digital. Und wartungsfrei. Mit der optischen Schnittstelle für elektronisches Ablesen, mit der Vierstufentarif-Messung und dem integrierten Rundsteuerempfänger ist die Zukunft bereits eingebaut.

zellweger

One step ahead

Zellweger Uster AG, Geschäftsbereich Energie
CH-8320 Fehraltorf, Tel. 01 954 81 11