Heizelementgeschweißte Ventilator-Flügelräder aus Trovidur N

Originalbericht in: „Trovidur Informationen, Heft 16, April 1973"
Autor: Ing. (grad.) Rudolf Schommer

Heizelementgeschweißte Ventilator-Flügelräder aus Trovidur N (PVC hart)

von Ing. (grad.) Rudolf Schommer

Eine Leistung des Trovidur Team Systems

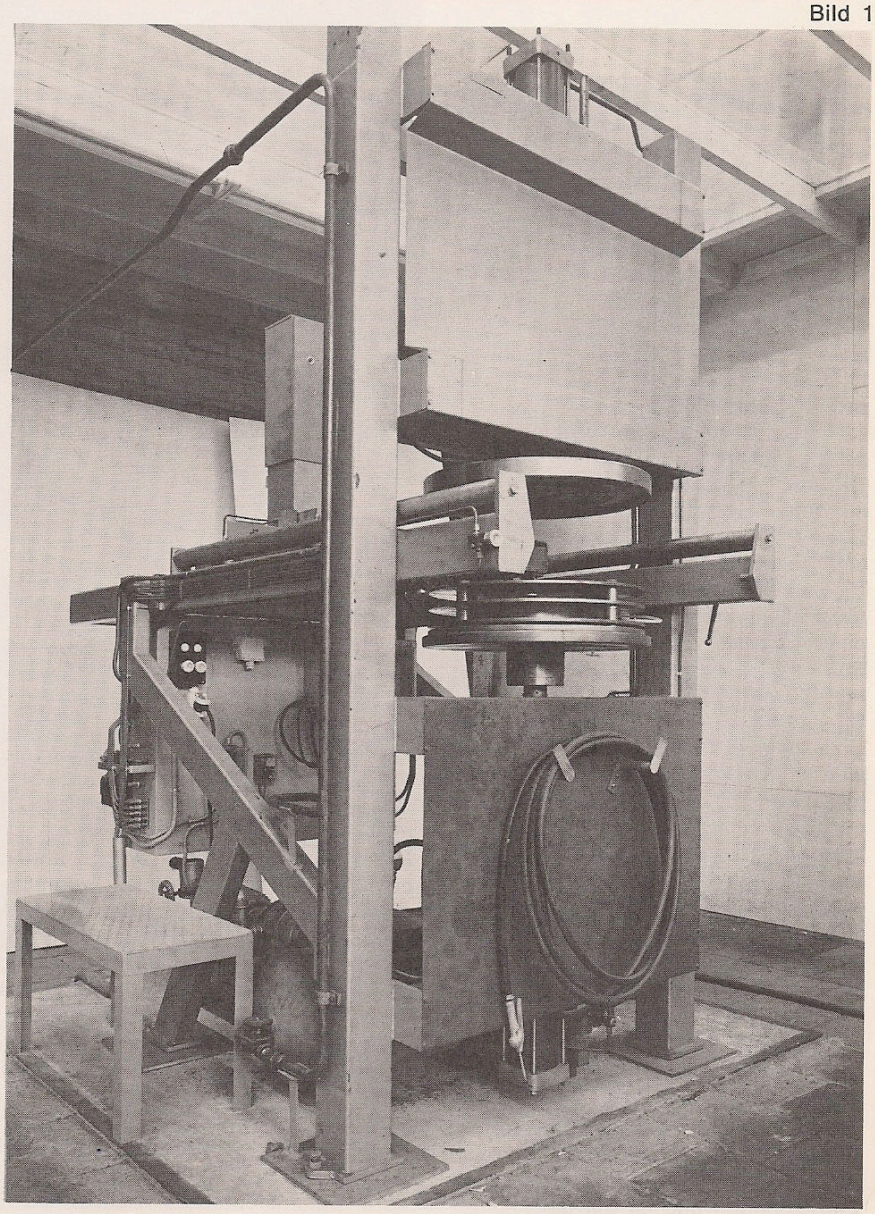
Herkömmliche Fertigung

Kunststoff-Ventilatoren werden meist aus PVC hart gefertigt, weil dieser Werkstoff gute Festigkeitswerte und hohe Chemikalienbeständigkeit besitzt und sich leicht verarbeiten läßt.

Abgesehen vom E-Motor ist das Laufrad das aufwendigste Bauteil eines Ventilators. Laufräder aus PVC hart werden grundsätzlich handgeschweißt. Diese Fertigungstechnik ist aber sehr lohnintensiv. Außerdem garantiert das Handschweißverfahren keine gleichmäßige Nahtfestigkeit, und im Bereich der Schweißnaht sind die Schaufeln infolge der örtlichen Erwärmung leicht spröde, so daß bei höheren Drehzahlen (> ca. 35 m/s Umfangsgeschwindigkt.) und ungünstiger Schaufelgeometrie Brüche auftreten können, wenn die Laufräder nicht exakt genug ausgewuchtet wurden. Durch das manuelle Auftragen des Schweißdrahtes entsteht eine relativ große Unwucht, und die Grundplatte des Rades bleibt nicht planflächig. Der Aufwand für exaktes Auswuchten ist nicht gering.

Für Ventilatortypen, deren Einsatzhäufigkeit die Fertigung größerer Serien erlaubt, werden deshalb vielfach im Spritzgußverfahren hergestellte Laufräder aus Polypropylen oder Polyäthylen eingesetzt. Abgesehen von den unterschiedlichen Werkstoffeigenschaften solcher Räder gegenüber dem PVC-Gehäuse zwingen die hohen Kosten der Spritzgußwerkzeuge den Ventilatorhersteller, eine bestimmte Konstruktion über längere Zeit beizubehalten. Mit Standardtypen lassen sich aber auch nicht in allen Bedarfsfällen die Leistungsanforderungen optimal erfüllen. Demzufolge müssen im-

Bild 1



mer wieder Sonderkonstruktionen in handgeschweißter Ausführung gefertigt werden.

Problematik der Heizelementschweißung von PVC hart

Man fragt sich mit Recht, warum bei der Herstellung der Laufräder nicht schon längst das wesentlich wirtschaftlichere Heizelementschweißen angewandt wurde, zumal mit diesem Verbindungsverfahren gleichmäßige Nahtfestigkeit, geringe Unwucht und Planflächigkeit der Grundplatte erreicht werden.

Die Problematik lag darin, daß beim Heizelementschweißen von PVC hart in bezug auf Temperatur, Druck und Zeit enge Toleranzen eingehalten werden müssen, die noch von der zu verschweißenden PVC-Type abhängig sind. Besondere Sorgfalt bei dieser Verarbeitungstechnik verlangt das hochchemikalienbeständige, nicht modifizierte PVC hart (Trovidur NL und Trovidur N).

Erste Versuche

Ein rationelles Verfahren und geeignete Vorrichtungen zur Herstellung heizelementgeschweißter Laufräder aus PVC hart mit hoher Nahtgüte zu entwickeln, erforderte unter den gegebenen Voraussetzungen erheblichen Aufwand.

Schon mehrfach, zuletzt anläßlich der Tagung des DVS 1969, wurde von Dynamit Nobel eine Maschine zum Heizelementschweißen von Ventilator-Laufrädern vorgestellt. Auf dieser Maschine (Bild 2) kann ein Laufrad mit 125 mm Durchmesser optimal geschweißt werden. In diesem Falle erhält man die günstigsten Schweißwerte bei einer Heizelementtemperatur von 250 °C, einer Anheizzeit von 12 sec. und einem Schweißdruck von 6 kp/cm²; die Umstellzeit beträgt 1,5 sec. Bei Vergleichsuntersuchungen mit warmgasgeschweißten und geklebten T-Stoßverbindungen zeigten die heizelementgeschweißten hinsichtlich Zug-, Schlag- und Biegefestigkeit die besten und gleichmäßigsten Werte. Günstig wirkte sich vor allem auf die Ergebnisse der Schlagprüfungen der geringere Spannungsaufbau der heizelementgeschweißten Naht gegenüber der handgeschweißten Ausführung aus. Auch war beim Ventilatorläufer die Grundplatte durch die Heizelementschweißung nicht verzogen. Trotzdem konnte sich das Verfahren zunächst nicht durchsetzen.

Weiterentwicklung der Schweißmaschine

Die Firma **Pielkenrood Vinitex NV, Assendelft,** fertigt seit über 20 Jahren Ventilatoren und lüftungstechnische Einrichtungen und ist auf dem holländischen Markt besonders wegen des hohen Qualitätsstandes ihrer Erzeugnisse bekannt. Sie stellt verschiedene Serien und Typen Ventilatoren her. In der sogenannten P-Serie werden die Gehäuse bis 355 mm Ansaugdurchmesser in warmgeformten Halbschalen aus Trovidur N gefertigt (Bild 3). Die Besonderheit der Warmformung besteht darin, daß die Halbschalen gepreßt und nicht tiefgezogen werden (Bild 4). Das Pressen ergibt eine gleichmäßige Wanddickenverteilung. Dadurch sind die Gehäuse stabiler und bieten somit größere Sicherheit.

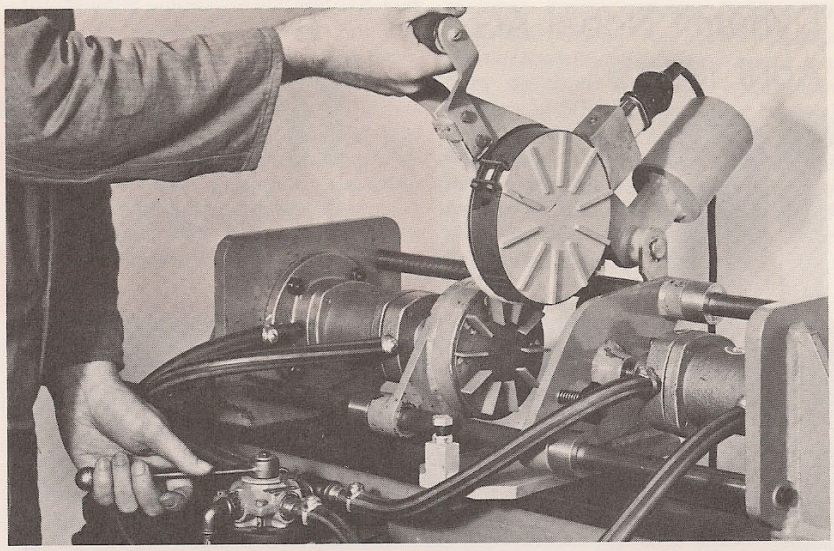


Bild 2

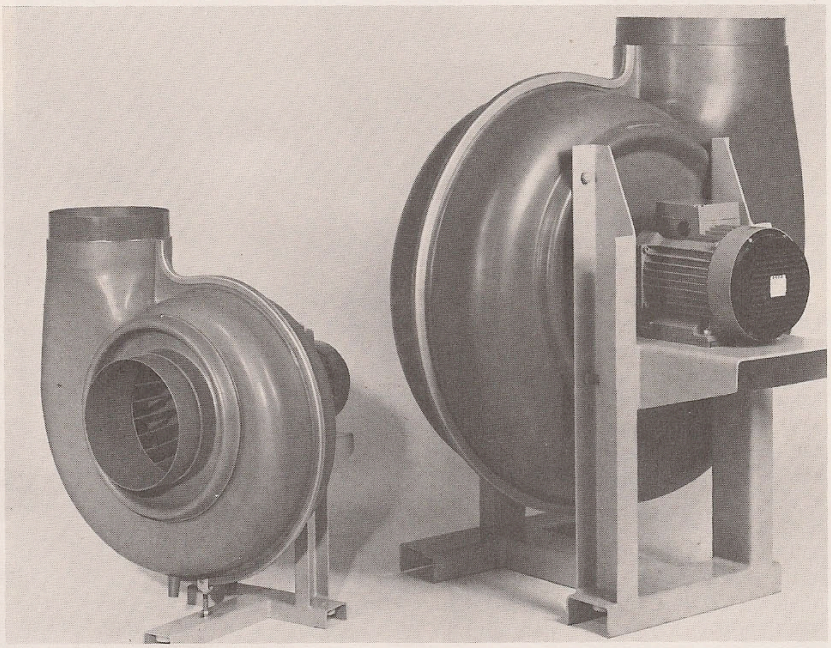


Bild 3

In bezug auf die Herstellung der Laufräder versprach die Heizelementschweißung eine technisch und wirtschaftlich bessere Lösung, vor allem dann, wenn das von Dynamit Nobel entwickelte Verfahren für Räder größerer Dimensionen anzuwenden war.

Firma Pielkenrood Vinitex konstruierte und baute auf der Grundlage der von Dynamit Nobel ermittelten Bedingungen eine vollautomatische Schweißmaschine für Radaußendurchmesser bis max. 540 mm (Bild 1 und 5). Alle Einstellgrößen wie Heizelementtemperatur, Anwärmdruck, Fügedruck, Anwärmzeit und variabler Druckaufbau bzw. -abbau während der Anwärmzeit und der Fügezeit sind an dieser Maschine regelbar. Dadurch war es möglich, die optimalen Schweißbedingungen zu ermitteln.

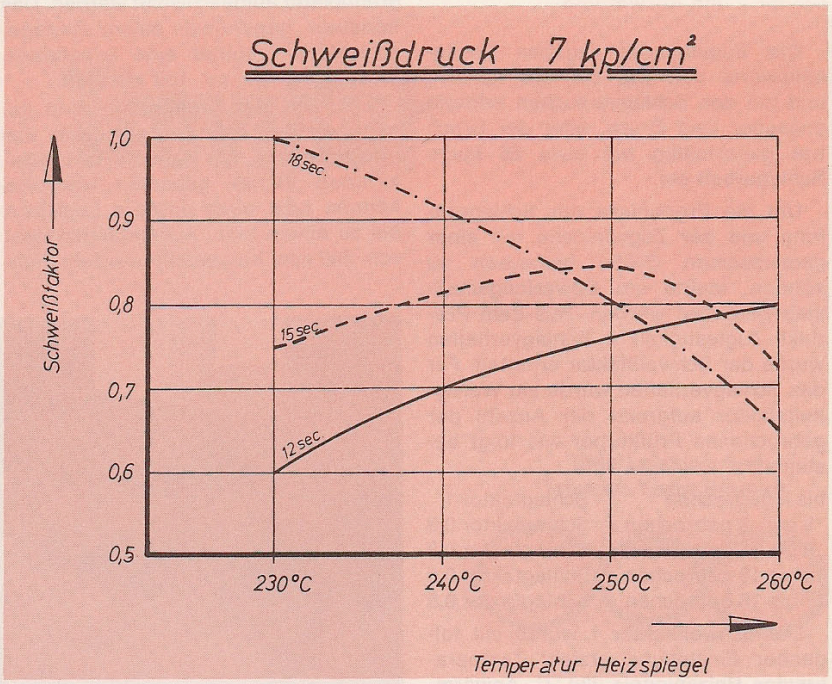
Die Schweißversuche

In der Versuchsreihe wurden Laufräder mit einem Außendurchmesser von 300 mm aus Trovidur N gefertigt (Bild 6). Die Dicke der Grundplatte betrug 10 mm, die Dicke der 12 Schau-

feln 3 mm. Das Anschweißen der 120 mm hohen Schaufeln erwies sich als besonders schwierig. Um den erforderlichen Schweißdruck aufnehmen zu können, mußten die Schaufeln in der Höhe mehrfach geführt werden.

Zur Ermittlung der günstigsten Schweißbedingungen wurde die Heizelementtemperatur von 230 bis 260 °C variiert, der Fügedruck von 7,0 bis 8,9 kp/cm², die Anwärmzeit am Spiegel von 12 bis 18 sec. Bedingt durch Automatisierung und Größe der Schweißmaschine konnte nur eine Umstellzeit von 3 sec. realisiert werden. Die Umstellzeit ist die Zeit vom Ende der Anwärmzeit bis zum Beginn der Fügezeit.

Aus den Einstellmöglichkeiten Temperatur : Druck : Zeit wurden für die Schweißversuche 27 Kombinationen gewählt. Jedem fertigen Laufrad wurden in abwechselnder Reihenfolge Prüfkörper für den Schlagbiegeversuch (insgesamt 18) und für den Zugversuch (insgesamt 12) entnommen.



Schlagbiegeprüfung

Der T-Stoß wurde für die Schlagprüfung mit seiner Grundplatte auf ein Pendelschlagwerk mit einer max. Schlagarbeit von 150 kpcm aufgespannt. Der Schlag des Pendelhammers erfolgte in 50 mm Abstand von der Grundplatte auf das freistehende Flügelende.

Prüfung auf Zugfestigkeit

Für die Durchführung des Zugversuchs wurde die Grundplatte des Probekörpers in eine Spezialhalterung eingeschoben. Der Zugversuch erfolgte in der Weise, daß der Flügel senkrecht aus der Grundplatte herausgerissen wurde.

Bild 4

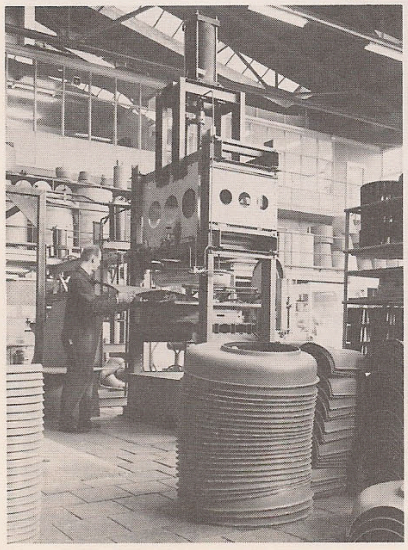
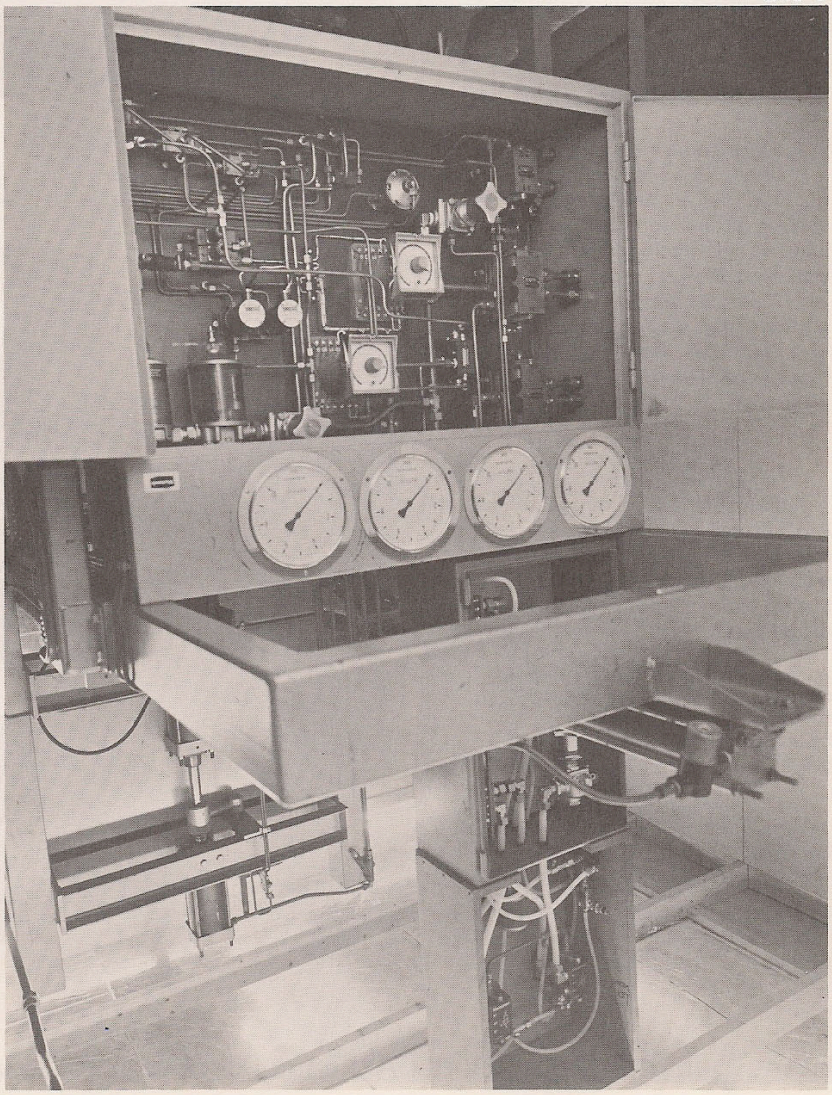


Bild 5



Ergebnis und Auswertung

Die Zugversuche ergaben Festigkeitswerte von 290 bis 666 kp/cm², und bei den Schlagversuchen erfolgte entweder kein Bruch, oder der Bruch trat gleichmäßig bei etwa 25 kpcm Schlagarbeit ein.

Um die Ergebnisse der Schlagprüfung und der Zugversuche mit einer gemeinsamen Größe bemessen zu können, mußte ein Bewertungsmaßstab gefunden werden. Aus dem Produkt Zugfestigkeit x Schlagverhalten wurde der Schweißfaktor ermittelt. Für das Schlagverhalten wurde ein Wertigkeitsfaktor aufgrund der Anzahl der gebrochenen Prüfkörper wie folgt bestimmt:

bis 4 gebrochen = Schlagfaktor 1
5 bis 8 gebrochen = Schlagfaktor 0,9
9 bis 12 gebrochen = Schlagfaktor 0,8
13 bis 16 gebrochen = Schlagfaktor 0,6
17 bis 18 gebrochen = Schlagfaktor 0,5

Der Schweißfaktor 1 wurde mit folgender Einstellung erzielt: Temperatur des Heizspiegels 230 °C, Anwärmzeit 18 sec., Fügedruck 7,0 kp/cm², Umstellzeit 3 sec.

Im abgebildeten Diagramm sind die Schweißfaktoren für einen Fügedruck von 7,0 kp/cm² dargestellt. Dieser Schweißdruck ergab die höchste Nahtfestigkeit.

Als Parameter sind im Diagramm die verschiedenen Anheizzeiten dargestellt. Bei einer Anheizzeit von 18 sec. verschlechtert sich der Schweißfaktor mit steigender Temperatur; entgegengesetzt verläuft die Kurve für 12 sec. Anheizzeit. Bei 15 sec. Anheizzeit liegt das Optimum bei 250 °C und fällt im Bereich höherer und niedrigerer Temperatur ab.

Vergleich mit der handgeschweißten Ausführung

Außer der heizelementgeschweißten Ausführung wurde auch ein handgeschweißtes Laufrad gleicher Dimension und Konstruktion (Bild 7) untersucht. Hier zum Vergleich die Prüfergebnisse:

Radausführung	Zugfestigkeit	Schlagzähigkeit
heizelementgeschweißt	666 kp/cm²	14 nicht gebrochen
	-	4 gebrochen
handgeschweißt	342 kp/cm²	alle gebrochen (3,1 bis 37,0 kpcm

Im Heizelementschweißverfahren können in einem Arbeitsgang in rund 5 Minuten 12 Schaufeln auf die Läufergrundplatte aufgeschweißt werden. Das bedeutet gegenüber einem handgeschweißten Laufrad eine Arbeitszeiteinsparung von ca. 100 Minuten.

Aufgrund der Ergebnisse kann gesagt werden, daß das gesteckte Ziel erreicht wurde. Mit der von Firma Pielkenrood Vinitex gebauten Maschine können jetzt auch größere Laufräder bis zu einem max. Außendurchmesser von 540 mm hergestellt werden. Ventilatoren entsprechender Größen aus PVC hart können nun auch mit heizelementgeschweißten Laufrädern aus dem gleichen Werkstoff ausgerüstet werden, und Änderungen der Laufradkonstruktion verursachen keine hohen Formkosten, wie das bei Spritzgußteilen der Fall ist. Ein weiterer wichtiger Aspekt ist, daß die Fertigung der Laufräder in den Händen des Ventilatorherstellers bleibt.

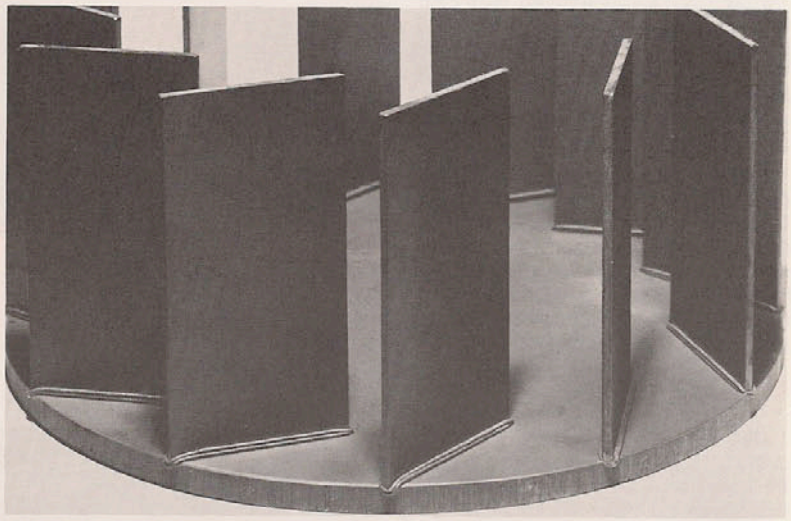
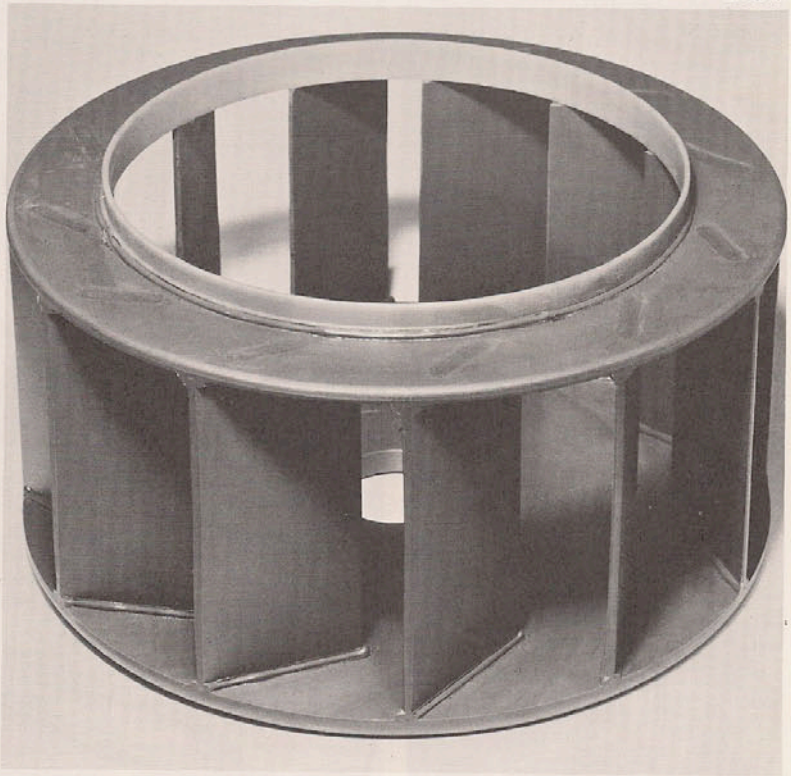


Bild 6

Bild 7



Herausgeber: Dynamit Nobel Aktiengesellschaft · Verkauf Trovidur · 521 Troisdorf

Bearbeitet: Dr. Volker Hofmann, Troisdorf, 28. April 2011