

Räder sind bei größeren Leistungen durch die in erster Linie von der Umfangsgeschwindigkeit abhängenden Festigkeitsverhältnisse gegeben. So betrachtet man an Turboverdichtern bei sorgfältiger Durchbildung 180 bis 200 m/sek Umfangsgeschwindigkeit als obere Grenze. Wegen der Einzelheiten bezüglich der Form und Stellung der Schaufeln, die durch die Strömung des zu fördernden Stoffes durch die Räder bedingt sind, muß wiederum auf das Schrifttum verwiesen werden [XXIX, 3, 4, 5]. Großer Wert ist auf die stetige und allmähliche Überleitung der Querschnitte in den Kanälen zu legen.

Die Laufräder von Schleuderpumpen, Abb. 2235 bis 2237, zeigen ähnliche Grundformen wie die der Gebläse, sind aber wegen des größeren Einheitsgewichts der zu fördernden Flüssigkeiten durch geringere Zustromgeschwindigkeiten von 2 bis 4 m/sek und Umfangsgeschwindigkeiten bis höchstens 40 m/sek gekennzeichnet. Als Werkstoffe genügen dabei Gußeisen, bei Hochdruckpumpen Bronze. Die letzteren werden mehrstufig ausgeführt, Abb. 2237; in einem Gehäuse pflegt man jedoch selten mehr als 6 bis 8 Stufen unterzubringen, um bei den beträchtlichen Lagerentfernungen nicht zu große Wellendurchmesser zu bekommen. Dabei bleiben, da Flüssigkeiten praktisch nicht zusammendrückbar sind, die Durchströmquerschnitte in den einzelnen Stufen gleich. Im Gegensatz zu den Luftverdichtern kann daher ein und dasselbe Modell für mehrere oder alle Räder eines Satzes benutzt werden. Bei einseitigem Zulauf entstehen Axialdrucke, die durch geeignete Längslager aufzunehmen oder durch Entlastungsvorrichtungen auszugleichen sind.

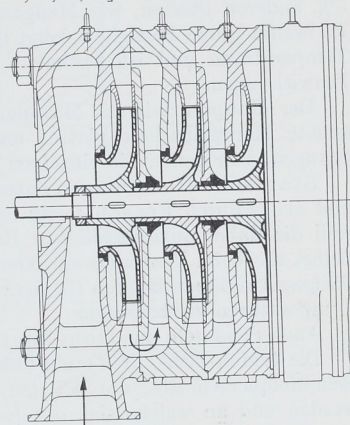


Abb. 2237. Hochdruckschleuderpumpe.
C. H. Jaeger und Co., Leipzig.

III. Schaufeln.

A. Werkstoffe und Herstellung der Dampfturbinenschaufeln.

Richtige Wahl des Werkstoffs und sorgfältigste Durchbildung der Schaufeln sind in Rücksicht auf die Zerstörungen, die der Bruch einer einzigen Schaufel hervorrufen kann, äußerst wichtig. Die Schaufeln sind bei hohen Laufgeschwindigkeiten und größeren Längen erheblichen Beanspruchungen durch die Fliehkraft und den Dampfdruck sowie durch Schwingungen ausgesetzt; sie unterliegen oft starken Abnutzungen durch die Wirkung des Treibmittels oder durch Rost und müssen leicht in großen Mengen hergestellt werden können. Während reiner überhitzter Dampf den Schaufeln, wenn sie nur den entsprechenden Temperaturen standhalten, so gut wie unschädlich ist, greift unreiner und nasser Dampf die Schaufeln durch die mechanische Wirkung der festen Teilchen und Wassertropfen an. Rostbildung setzt die gleichzeitige Anwesenheit von Luft und Wasser oder Dampf voraus, so daß die wichtigsten Ursachen für Zerstörungen durch Rost sauerstoffhaltiges Wasser, Eindringen von Luft durch die Stopfbüchsen, Undichtheit des Absperrventils, wenn die Maschine außer Betrieb ist, sowie dauerndes Unterampfhalten der Turbinen in Rücksicht auf Betriebsbereitschaft sind. Die längs des Gehäusescheitels ziehenden Dampfschwaden rufen oft starke örtliche Schädigungen hervor. Aber auch durch die chemische Wirkung von Salzen und Säuren, die vom Dampf mitgerissen werden, können Anfrassungen entstehen [XXIX, 6, 7]. Auf reines, entlüftetes Kesselspeisewasser ist daher größter Wert zu legen.

Die wichtigsten Werkstoffe der Schaufeln sind heutzutage Siemens-Martinstahl, Nickelstahl, nicht rostender Stahl, Messing, Nickelmessing und Monelmetall. Die Stahlsorten kommen für Temperaturen über 200° C und für hochbeanspruchte lange Schaufeln

der letzten Niederdruckstufen in Frage, Messing aber, und zwar das Schaufelmessing oder der Gelbtombak *Ms* 72 DIN 1709 mit 72% Kupfer, 28% Zink und höchstens Spuren von Blei sowie Nickelmessing für mäßige Wärmegrade. Nicht selten finden sich daher an ein und derselben Turbine Stahlschaufeln im Hochdruckteil und am Ende des Niederdruckteils, Messingschaufeln in den mittleren Stufen. Monelmetall ist eine unmittelbar aus reinen Erzen erschmolzene Naturlegierung von etwa 67% Nickel, 28% Kupfer und 5% anderen Stoffen, wie Mangan, Eisen, Kohlenstoff und geringen Mengen Silizium. Es besitzt große Festigkeit, zeigt hohe Spannung an der Streckgrenze selbst bei höheren Temperaturen und ist besonders widerstandsfähig gegen chemische und mechanische Einwirkungen.

Der Hauptvorteil des Messings und Nickelmessings ist neben der Rostfreiheit die leichte Herstellbarkeit glatter und harter Oberflächen durch Kaltziehen profilierter Stangen, von denen die einzelnen Schaufeln abgeschnitten werden.

Stahlschaufeln werden entweder warm vorgepreßt oder aus Blech warm gebogen und stets durch Fräsen fertig bearbeitet, dürfen dagegen nicht kalt gezogen werden, weil die dabei unvermeidlichen Reckspannungen Risse und Abblätterungen erzeugen. Selbst die beim Warmpressen oder -biegen entstandenen Spannungen sind durch sorgfältiges Ausglühen bei den für die einzelnen Stahlsorten vielfach genau vorgeschriebenen Temperaturen zu beseitigen.

Auch Schaufeln aus Monelmetall müssen ihre genaue Form durch Fräsen erhalten.

Die teuren Zieh-, Preß- und Fräswerkzeuge verlangen die Beschränkung der Zahl der Schaufelquerschnitte, die bei den einzelnen Firmen in Profiltafeln zusammengestellt werden und an welche sich der Konstrukteur bei der Aufstellung von Schaufelplänen für die Turbinen zu halten hat. Dabei pflegen zwei Hauptformen benutzt zu werden: aus Blech gebogene und nur an den Ein- und Austrittskanten zugeschärfte Blechschaufeln, wie sie Abb. 2256 zeigt, und in der Mitte verstärkte, Abb. 2263.

Für die Füllstücke, die den gegenseitigen Abstand der Schaufeln regeln, benutzt man gewöhnlich die gleichen Werkstoffe wie für die Schaufeln (Messing jedoch bis zu 250° C), kann aber die obenerwähnten Bedenken gegen das Kaltziehen zurücktreten lassen, weil die Füllstücke nicht so starken Einwirkungen ausgesetzt sind. In den meisten Fällen müssen die Füllstücke der genau radialen Stellung der Schaufeln wegen eine nach der Läuferachse zu verjüngte Form haben.

B. Befestigung der Schaufeln.

Der Schöpfer der reinen Druckturbine, de Laval, hat die Ausführung Abb. 2238 angegeben. Die vorgepreßten und fertig gefrästen Stahlschaufeln werden in radialen, am Grunde durch zylindrische Bohrungen erweiterten Schlitzten gehalten und darin leicht verstemmt. Es entsteht ein sehr widerstandsfähiger Schaufelfuß, der selbst für die höchsten bis jetzt benutzten Geschwindigkeiten von etwa 430 m/sec geeignet ist, der aber nur an Kränzen angewendet werden kann, die von der Seite her zugänglich sind, Abb. 2219. Die Auswechselung der Schaufeln ist leicht, ihre Herstellung aber teuer.

Lehrreich ist die Entwicklung der Schaufelbefestigung bei der weiteren Ausgestaltung der Dampfturbine zur Großkraftmaschine, wie sie Lasche [XXIX, 7] an der AEG-Turbine schildert. Das Bestreben, die Schaufeln dadurch zu verbilligen, daß man ihnen durch Ziehen — bei Herstellung aus Messing oder Nickelmessing — oder durch Vorwalzen im warmen Zustand — im Fall von Nickelstahl und Monelmetall — einen durchweg gleichen Querschnitt gab, führte zunächst zur Anwendung einfacher Schwalbenschwänze, Abb. 2239. Sie wurden in den Nuten der Kränze unter Einschalten von Zwischenstücken *Z* in der richtigen Lage und dem nötigen Abstände von einander gehalten. Zum Einbringen dienten Erweiterungen der Nuten, die durch besondere Schösser abgedeckt wurden. Bei der Vergrößerung der Leistung führte die hohe Beanspruchung der Kehle des Schwalbenschwanzes auf Zug durch die Eigenfliehkraft der Schaufeln