

Präzise Fertigung grosser Laufräder

Das Laufrad ist eine der wichtigsten Komponenten für den Wirkungsgrad einer Pumpe, weshalb es bei der Fertigung auf höchste Präzision ankommt. Schon geringste geometrische Abweichungen können den Wirkungsgrad beeinträchtigen und zu einer hydraulischen Unwucht führen. Um die höchsten Qualitätsstandards bei der Fertigung von Laufrädern zu gewährleisten, hat Sulzer mehrere neue Fertigungsmethoden unter die Lupe genommen.

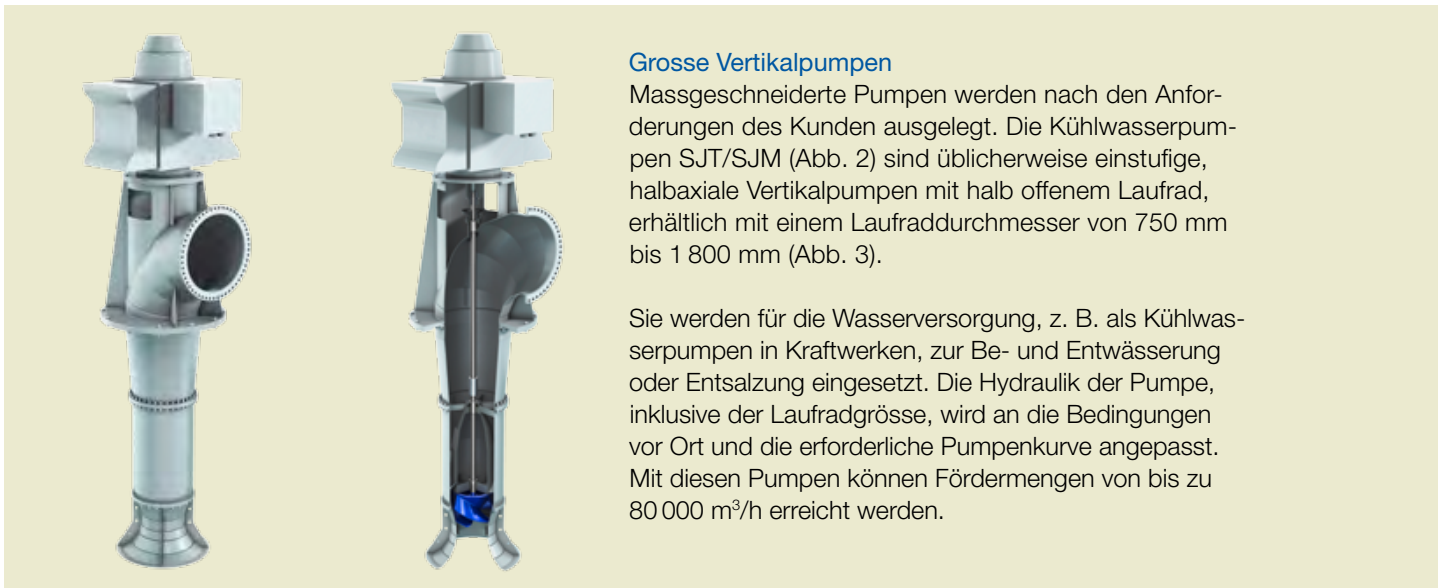


1 Fertiges Laufrad.

Sulzer bietet standardisierte und massgeschneiderte Pumpen an. Standardisierte Pumpen werden mit einer festgelegten Konfiguration entwickelt, gefertigt und direkt ab Lager an den Kunden geliefert. Massgeschneiderte Pumpen werden nach den individuellen Anforderungen des Kunden ausgelegt, entwickelt und gefertigt. Diese Spezialpumpen kommen vornehmlich in der Öl- und Gasförderung, Kraftwerken und bei grossen Wasserprojekten zum Einsatz. Für ein bedeutendes Projekt untersuchte Sulzer neue Methoden zur Verbesserung der Qualität und Verkürzung der Lieferzeiten von individuell gefertigten Pumpenlaufrädern (Abb. 1).

Giessen – die traditionelle Fertigungsmethode

Das übliche – und häufig kostengünstigste – Verfahren zur Herstellung grosser Stahlteile für Spezialpumpen ist das Giessen in einem Stück. Bei offenen Laufrädern kommt allerdings ein generelles Problem des Giessprozesses zum Tragen: Bereiche mit grosser Wandstärke kühlen langsam ab, während dünnwandige Bereiche die Wärme viel schneller abgeben. Dies führt zu Materialspannungen zwischen Bereichen mit unterschiedlicher Wandstärke. Im schlimmsten Fall kommt es zu starken geometrischen Verformungen oder gar sichtbaren Rissen. Bei Laufrädern tritt dieser Effekt hauptsächlich am Übergang zwischen der relativ dicken Nabe und den relativ dünnen Schaufeln auf.



Grosse Vertikalpumpen

Massgeschneiderte Pumpen werden nach den Anforderungen des Kunden ausgelegt. Die Kühlwasserpumpen SJT/SJM (Abb. 2) sind üblicherweise einstufige, halbaxiale Vertikalpumpen mit halb offenem Laufrad, erhältlich mit einem Laufraddurchmesser von 750 mm bis 1 800 mm (Abb. 3).

Sie werden für die Wasserversorgung, z. B. als Kühlwasserpumpen in Kraftwerken, zur Be- und Entwässerung oder Entsalzung eingesetzt. Die Hydraulik der Pumpe, inklusive der Laufradgrösse, wird an die Bedingungen vor Ort und die erforderliche Pumpenkurve angepasst. Mit diesen Pumpen können Fördermengen von bis zu 80 000 m³/h erreicht werden.

2 Kühlwasserpumpe Typ SJT/SJM.

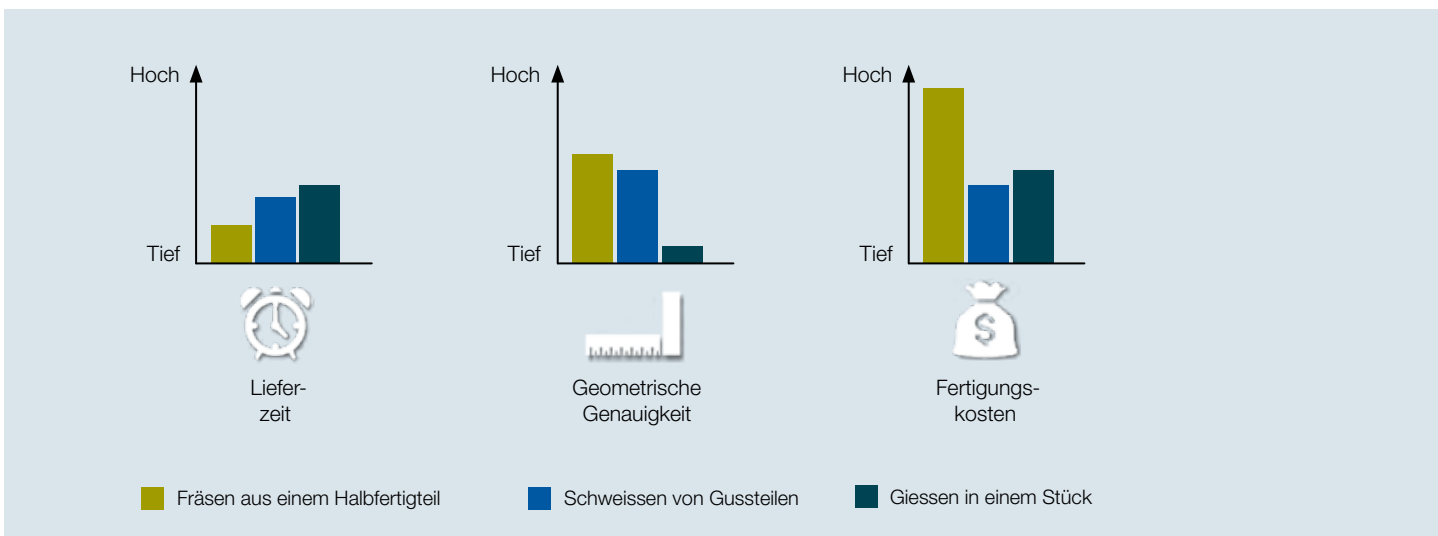
3 Laufrad (blau hervorgehoben).

Prüfung alternativer Fertigungsmethoden

Auf der Suche nach der besten Methode für ein schnelles und präzises Ergebnis analysierten die Sulzer-Ingenieure sechs Fertigungsverfahren. Drei von ihnen schieden bereits nach der ersten Prüfung aus. Die übrigen drei Verfahren wurden in einer finalen Entscheidungsrunde genauer untersucht. Dabei wurde das traditionelle Giessen des Laufrads in einem Stück mit zwei Alternativen verglichen: dem Fräsen des Laufrads aus einem geschmiedeten Halbfertigteil und dem Anschweissen von gegossenen Schaufeln an eine Nabe.

Im Vergleich zum üblicherweise eingesetzten Giessen liefert das Fräsen als subtraktives, spanendes Verfahren natürlich die beste Qualität und ist am schnellsten. Allerdings ist dieser Fertigungsprozess aufgrund der grossen Materialmenge, die entfernt werden muss, erheblich teurer als die Herstellung eines Gussteils.

Das Anschweissen einzelner Schaufeln an eine Nabe lag in puncto Genauigkeit und Lieferzeit nur knapp hinter der subtraktiven Fertigung. Da es darüber hinaus deutlich kostengünstiger und praktikabler ist, wurde diese Methode für weitere Tests ausgewählt und realisiert (Abb. 4).



4 Drei Fertigungsmethoden für grosse vertikale Laufräder im Vergleich.

Ein Portfolio modernster Fertigungsprozesse

„Wie die Studie zeigt, werden bei uns neuen Methoden sorgfältig analysiert, geprüft und getestet, bevor sie in der Fertigung eingesetzt werden. Bei Sulzer Pumps Equipment untersuchen 14 Spezialisten Werkstoffe, Beschichtungen und Bearbeitungsmethoden auf ihr Potenzial zur Verbesserung unserer Produkte und Produktionsprozesse“, berichtet Thomas Kränzler, Leiter Global Core Technology Materials bei Sulzer Pumps Equipment. „Sulzer besitzt umfangreiche Erfahrung mit den verschiedensten Fertigungsprozessen und nutzt eine Vielzahl davon. Darüber hinaus werden neue Fertigungsmethoden entwickelt. Unsere Ingenieure befassen sich ständig mit der Frage, wie die bestmögliche Qualität und kürzere Lieferzeiten erreicht werden können.“

Sulzer verwendet unter anderem traditionelle und innovative Giessverfahren, Schmieden, heissisostatisches Pressen (HIP), modernste Fräs- und Drehverfahren sowie Funkenerosionsbearbeitung (EDM). Zum Fügen kommen neben den herkömmlichen Schweisstechiken auch Laserschweisverfahren zum Einsatz. Die Produktqualität wird häufig jedoch nicht nur durch den Grundwerkstoff bestimmt, sondern auch durch die nachfolgenden Prozessschritte in Form von Wärmebehandlungen oder Oberflächenmodifikationen. „Wir nutzen deshalb eine Vielzahl von Beschichtungsverfahren zur Einstellung von definierten Oberflächeneigenschaften“, fügt Kränzler hinzu.

einem ersten Schritt wurden die Nabe und die vier einzelnen Schaufeln gegossen, wobei bereits im ersten Versuch eine hohe geometrische Genauigkeit erreicht wurde. Da die Schaufeln überall die gleiche Wandstärke aufweisen, liess sich die Verformung beim Abkühlen genau vorhersagen. Sämtliche Abmessungen wurden vor dem Schweiessen mithilfe von 3-D-Messungen kontrolliert, und die Gussteile erfüllten alle Qualitätsvorgaben.

Der zweite Fertigungsschritt, das Schweiessen, erfolgte gemäss der mit dem Musterteil ermittelten Parameter. Die grösste Herausforderung im Hinblick auf die Einhaltung der geometrischen Genauigkeit bestand in der korrekten Positionierung der Schaufeln auf der Nabe. Dazu



7 Schablone zur Positionierung der Schaufeln beim Schweiessen.

liessen die Ingenieure von Sulzer mehrere Schablonen anfertigen, die den Schweisser bei diesem heiklen Schritt unterstützen (Abb. 7). Nach dem Schleifen der Schweissnähte, der Endbearbeitung und dem Auswuchten war der Prototyp einsatzbereit und konnte mit dem auf traditionelle Weise hergestellten Laufrad verglichen werden.

Prozessevaluierung

Mit der neuen Fertigungsmethode wurde das Hauptziel – die Verbesserung der geometrischen Genauigkeit – erreicht. Sämtliche 3-D-Messungen bestätigten selbst im Vergleich zu den besten konventionell gegossenen Laufrädern eine Reduzierung der Verformungen um 40%. Zu den indirekten Vorteilen der verbesserten geometrischen Genauigkeit gehören ein erheblich reduzierter Aufwand beim Bearbeiten, Schleifen und Auswuchten. Mit der neuen Fertigungsmethode können Laufräder bis zu einer Durchmessergrösse von 2,5 m hergestellt werden.

Der Schweißprozess erhöht zwar die Fertigungskosten, doch andererseits lassen sich die Modelle für den Giessvorgang viel einfacher herstellen und sind somit kostengünstiger. Der reduzierte Endbearbeitungs- und Auswuchtaufwand spart zusätzlich Kosten und führt letztendlich zu einer Senkung der Gesamtherstellungskosten. Ähnliches gilt für die Lieferzeiten: Während das Schweiessen zusätzliche Zeit in Anspruch nimmt, ist die Modellherstellung für das Giessen einfacher und somit schneller. Die Endbearbeitung und das Auswuchten gehen viel schneller, was die Lieferzeit insgesamt verkürzt.

Autor: Robin Rettberg
sulzertechnicalreview@sulzer.com