

Progress in the Field of Forged Metal Components

Forged Parts for the Energy Machines of the Future

Without forged parts, we would have no electrical energy. This applies both in relation to conventional power stations as well as regenerative energy, such as water or wind

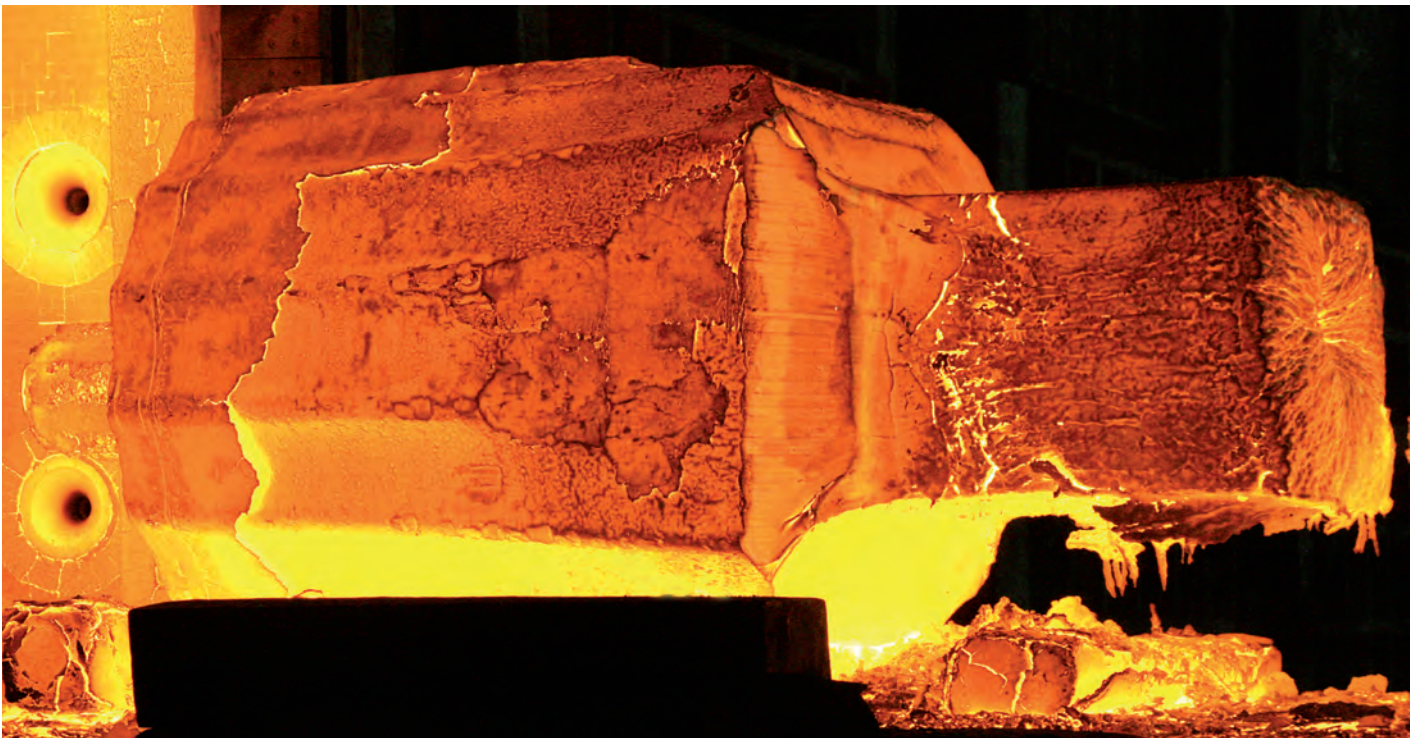
power. Man's growing energy needs and technical progress in the power plants lead to constantly increasing demands in relation to quality and reliability of the plants and

their forged key components. Hence, on these markets of the future, state-of-the-art manufacturing technology is the prerequisite for success

Fortschritte bei geschmiedeten Komponenten

Schmiedeteile für die Energiemaschinen der Zukunft

Barbara Jansen, Hagen und
Klaus Vollrath, Aarwangen, Schweiz



Ein in Schmiedung befindlicher Block wird gerade im Ofen auf die erforderliche Temperatur gebracht.

Ohne Schmiedeteile hätten wir keine elektrische Energie. Dies gilt sowohl für konventionelle Kraftwerke als auch für regenerative Energien wie Wasser- oder Windkraft. Wachsender Energiebedarf der Menschheit und technische Fortschritte bei den Maschinen führen zu stetig steigenden Anforderungen an Qualität und Zuverlässigkeit der Anlagen und ihrer geschmiedeten Schlüsselkomponenten. Erfolg auf diesen Zukunftsmärkten setzt daher Fertigungstechnologie auf neuestem Stand voraus.



Bild 1: Gesprächspartner: Dr.-Ing. Frank Hippenstiel, Dipl.-Betriebswirtin (FH) Anne Kuhlmann und Dipl.-Ing. Kurt Hiltner (v. l. n. r.).



Bild 2: Verzahnungsteile, hier eine Sonnenwelle für das Planetengetriebe einer Windenergieanlage, werden aus geschmiedetem Stabstahl gefertigt.

„Schmiedeteile aus Edelstahl findet man in so gut wie allen Bereichen industrieller Stromerzeugung“, weiß Dr.-Ing. Frank Hippenstiel, Leiter Qualitätswesen der Buderus Edelstahl GmbH in Wetzlar, Bild 1. Mit anderen Werkstoffen oder Herstellverfahren sind die oft extremen Anforderungen bezüglich mechanischer Robustheit – häufig gepaart mit dem Einsatz bei

Marktforderungen:

Nicht nur neue Werkstoffe...

„Trotz erheblicher Investitionsanstrengungen im Bereich regenerativer Energien wird die konventionelle Energieerzeugung aus fossilen Brennstoffen auch in absehbarer Zukunft eine wesentliche Rolle spielen“, ergänzt Dipl.-Betw. Anne Kuhlmann, Assistentin der kaufmänn-

zur Begrenzung des Gondelgewichts, das mit wachsender Anlagengröße einen immer kritischeren Faktor darstellt.

sondern auch Bewährtes auf höherem Niveau

„Verschärfte Anforderungen ergeben sich für uns aber auch bei Standardprodukten aus klassischen Legierungen“, verrät Dipl.-Ing. Kurt Hiltner, Betriebsleiter Wärmebehandlung bei Buderus Edelstahl. Dies betrifft insbesondere typische Produkte für den Energiemaschinenbau wie Hoch- und Mitteldruck-Dampfturbinenwellen aus warmfesten 1 Prozent bzw. 2 Prozent CrMoV-Stählen, Komponenten für Gasturbintenteile aus Varianten der 3 bis 3,5 Prozent NiCrMoV-Stähle sowie Niederdruckturbinen- und Generatorwellen aus 3,5 Prozent NiCrMoV-Stählen mit maximalen Liefergewichten bis zu 75 Tonnen. Hier geht es um größere Abmessungen und damit höhere Maximalgewichte ebenso wie um höchstmögliche Wirtschaftlichkeit bei der Herstellung.

Eine weitere wesentliche Forderung des Markts betrifft darüber hinaus auch die Betriebssicherheit der aus diesen Schmiede-



Bild 3: Die Fertigung von freiformgeschmiedeten Wellen und Rotoren für den Kraftwerkbereich ist ein Spezialgebiet der Buderus Edelstahl GmbH.



Bild 4: Primäres Schmelzaggregat ist ein Elektrolichtbogenofen mit einem Fassungsvermögen von bis zu 140 t, der als Besonderheit einen schlackenfreien Abstich aufweist.

hohen Temperaturen – kaum oder nur mit wesentlich höheren Kosten darzustellen. Die Palette der geschmiedeten Komponenten, für deren Fertigung Edelstahl aus Wetzlar verwendet wird, ist nahezu grenzenlos und reicht von geschmiedetem Stabstahl für hochfeste Schrauben und Zahnräder für die Windenergie bis zu schweren Freiform-Schmiedestücken für Wellen und Turbinenläufer in Dampf- oder Gaskraftwerken. Eine besondere Rolle spielt für das Unternehmen in diesem Zusammenhang der Bereich des Freiformschmiedens von großen, rotationssymmetrischen Komponenten für Turbinen- und Generatorenanlagen, denn hier ist man – anders als bei den Halbzeugen wie Präzisionsstahlband oder Stabstahl – wesentlich weitgehender in die zum Endprodukt führenden Prozessketten eingebunden, Bild 2. Aus diesem Grund ist der Innovationsanspruch, den man insbesondere aus dem Bereich der Energieerzeugung spürt, auch ein entscheidender Taktgeber für Verbesserungen und Investitionen, mit denen sich das Unternehmen fit macht für die Marktanforderungen der Zukunft.

nischen Geschäftsführung bei Buderus Edelstahl GmbH. Fachleute prognostizieren sogar einen weiteren Anstieg des Stromverbrauchs. Umso wichtiger ist es daher, Effizienz und Wirkungsgrad konventioneller Kraftwerke zu steigern, um die Auswirkungen bezüglich Umwelt und CO₂-Ausstoß so weit wie möglich zu begrenzen. Wie wichtig dies ist, zeigt der Blick auf den Wirkungsgrad von Kohlekraftwerken, der weltweit im Schnitt bei lediglich rund 30 Prozent liegt. Mehr als zwei Drittel des Energieinhalts der Kohle entweichen demnach ungenutzt durch den Schornstein. Dabei sind mit moderner Technik bereits heute Wirkungsgrade von 45 Prozent erzielbar. Dies setzt jedoch eine Steigerung der Dampftemperaturen von derzeit rund 550 bis 600 °C auf 620 bis 630 °C und somit höher legierte Werkstoffe mit besserer Zeitstandfestigkeit voraus, Bild 3.

Auch im Bereich der Windenergie, wo Schmiedestahl z. B. für Naben, Drehkränze und Getriebezahnräder verwendet wird, fordern die Kunden alternative Werkstoffkonzepte als Beitrag

stückten gefertigten Anlagenkomponenten: Ein durch Werkstofffehler bedingtes Versagen dieser massiven, schnell rotierenden Komponenten käme nämlich im Sinne des Wortes einer Katastrophe gleich.

Optimierung der Prozesskette – von der Metallurgie...

„Die Qualität des späteren Bauteils entscheidet sich schon im Stahlwerk“, weiß Dr. Hippenstiel. Wenn hier etwas falsch laufe, lasse sich das später nicht mehr korrigieren. Es geht um höchste Genauigkeit und Reproduzierbarkeit bei der Einstellung der Legierungszusammensetzung, niedrigste Gehalte an schädlichen Begleitelementen und Einschlüssen sowie größtmögliche Homogenität der chemischen Zusammensetzung im gesamten Block. Im Bereich des Energiemaschinenbaus fordern die Kunden vor allem verbesserte mechanische Eigenschaften und/oder höhere Kriechbeständigkeit. Dem wird durch „Super-clean“-Stahlgütern mit geringsten Gehalten an



Bild 5: Eine Freiform-Schmiedepresse im Einsatz.



Bild 6: Beim Schmieden assistiert moderne Computertechnologie.

Spuren- und Begleitelementen sowie niedrigen Mangan- und Siliziumgehalten zwecks Minimierung der Anlassversprödung Rechnung getragen, Bild 5.

Primäres Schmelzaggregat ist ein Elektrolichtbogenofen (LBO), Bild 4, mit einem Fassungsvermögen von bis zu 140 t, der als Besonderheit ein schlackefreies Abstichsystem (FAST-Abstich) aufweist. Mit diesem „siphonartigen“ Abstich-

Gießen sorgt eine ausgefeilte Prozessführung für eine Reduzierung des Seigerungsverhaltens sowie für die Abscheidung verbliebener nichtmetallischer Einschlüsse.

über modernste Schmiedetechnologie...

„Auch der Schmiedevorgang selbst wurde in den letzten Jahren immer weiter perfektioniert“, sagt Dr. Hippenstiel, Bild 5. Das Verfahren lässt

formtechnischen Möglichkeiten des Werks wesentlich erweitert. Schon im Normalbetrieb übt er eine Kraft von 80 MN (8.000 t) aus.

Im langsameren Stauchgang erreicht das Aggregat sogar 100 MN (10.000 t). Ebenso beeindruckend ist auch seine Geschwindigkeit, denn die tonnenschweren Werkzeuge können pro Minute bis zu 80 Hübe ausführen. Wesentlicher Bestandteil dieser neuen Anlage ist auch ein

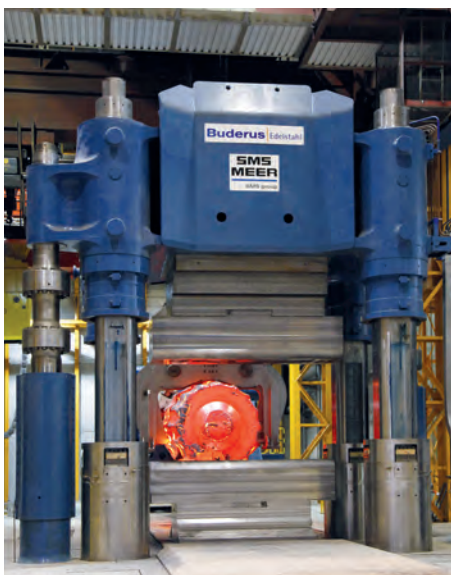


Bild 7: Die neue Presse hat eine Stauchhöhe von 6.500 mm und eine freie Breite von 4.250 mm. Sie übt eine Kraft von bis zu 80/100 MN aus und kann pro Minute bis zu 80 Hübe ausführen.

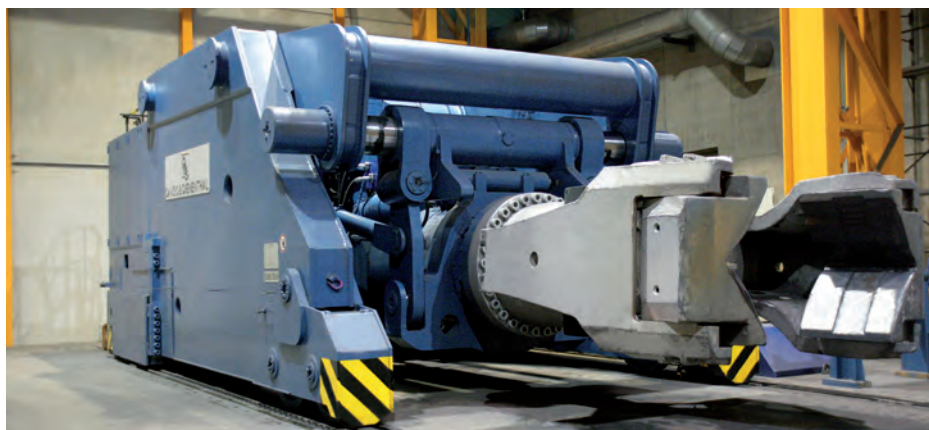


Bild 8: Der neue Schmiedemanipulator mit einer Tragkraft von 250 Metertonnen kann einen 100 t schweren Schmiedeblock ohne Unterstützung frei tragen.

system ist Buderus Edelstahl in der Lage, niedrigste Phosphorgehalte sicher einzustellen. Für die Sekundärmetallurgie verfügt Buderus Edelstahl über einen modernen Pfannenofen in Kombination mit einer Vakuumanlage. Häufig kommen auch metallurgische Sonderverfahren wie Vakuumfrischen (VOD) oder eine Vakuum-Kohlenstoffdesoxidation (VCD) zum Einsatz. Zielsetzung der Behandlung des Stahls in der Pfanne ist neben der Einstellung der exakten chemischen Zusammensetzung auch die Reduzierung der nichtmetallischen Einschlüsse im Stahl. Erzeugt werden Schmiedeböcke im steigenden Gießverfahren mit Rohblockgewichten bis zu 160 t. Beim

sich trotz seiner Komplexität mittlerweile recht gut numerisch modellieren. Entsprechende Programme unterstützen den Fachmann bei seiner Arbeit, optimieren die Abläufe und helfen bei der Vermeidung von Fehlern, Bild 6. Eine wichtige Rolle spielt hierbei auch das so genannte LaCam-Forge-System zur Echtzeit-Erfassung der Werkstückgeometrie während des Umformens. Weiterer wichtiger Aspekt ist in diesem Zusammenhang der Einsatz von modernen, schieneungebundenen Manipulatoren.

In einem weiteren Schritt investierte Buderus Edelstahl in den letzten zwei Jahren in eine neue, hochmoderne Freiform-Schmiedepresse der neuesten Generation, weil im Bereich des Energiemaschinenbaus immer größere und schwerere Bauteile nachgefragt werden. Hinzu kommt der Trend zu höher legierten und damit schwerer umformbaren Werkstoffen. Die neue Presse ist ein Riese, der dank seiner Stauchhöhe von 6.500 mm und einer freien Breite von 4.250 mm die um-

neuer Schmiedemanipulator, dessen Tragkraft von 250 Metertonnen ausreicht, um selbst einen 100 t schweren Schmiedeblock ohne Unterstützung frei zu tragen, Bild 8.

und dazu passende Wärmebehandlung...

„Schmieden ist ein thermomechanischer Prozess. Zur Umformtechnik gehört daher untrennbar auch die passende Wärmebehandlung“, sagt Kurt Hiltner. Deshalb müssen Aufheiz- und Abkühlvorgänge in exakt definierten Zeit- und Temperaturfenstern erfolgen. Dafür verfügt das Werk über zahlreiche großformatige Herdwagenöfen, sowie riesige Abkühlbecken, Bild 9. Umweltschutz wird dabei groß geschrieben: In den Schmiedeöfen sorgen modernste energiesparende Flachflambrenner für die Erwärmung der Schmiedeböcke, und bei den Abkühlbecken hat man schon vor Jahren die Abkehr vom umweltbelastenden und feuergefährlichen Öl hin zu wässrigen Polymerkühlmedien vollzogen, Bild 10.



Bild 9: In der Vergütereier flankieren großformatige Herdwagenöfen die Abkühlbecken.



Bild 10: Für das Abschrecken verwendet man statt des umweltbelastenden und feuergefährlichen Öls wässrige Polymerkühlmedien.

Im Prinzip durchläuft jedes Schmiedeteil insgesamt drei Wärmebehandlungen. In einem ersten Durchgang muss der Block vor dem Schmieden so genau wie möglich auf die gewünschte Umformtemperatur eingestellt werden. Nach dem Schmieden erfolgt zunächst eine Vorwärmebehandlung mit anschließendem Weichglühen zur Begrenzung der Schnittkräfte bei der ersten mechanischen Bearbeitung. Diese ist er-

auch mit Hilfe von Winkelköpfen in unterschiedlichsten Richtungen durchschallen, um so auch ungünstig orientierte Fehlstellen aufzuspüren. Parallel zur Verbesserung der Detektionsmethoden wurden zudem auch die Akzeptanzkriterien seitens der Kunden stetig verschärft. Während heute für Einzelanzeigen mit Ausdehnung ein KSR (Kreisscheibenradius-Äquivalent) von 1,0 mm die Entscheidungsgrenze darstellt, wurde noch 1995

soren alle Anzeichen für Formänderungen oder Verlagerungen überwachen, Bild 12.

Darüber hinaus betätigt sich Buderus Edelstahl auch auf einem weiteren Gebiet der Energieerzeugung: Gemeinsam mit einer Universität und einem Getriebehersteller will man einen Großtriebepfprüfstand für systematische Untersuchungen an verzahnten Getriebebauteilen für Windenergieanlagen aufbauen.

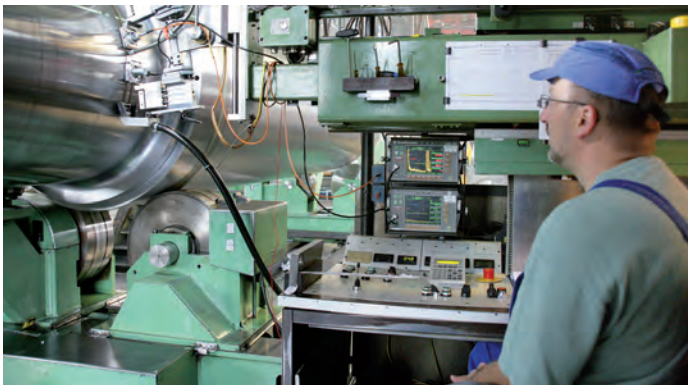


Bild 11: Automatisiertes System für die Ultraschallprüfung. Mit Hilfe von Winkelköpfen wird das Bauteil in unterschiedlichsten Richtungen durchschallt.



Bild 12: Im Warmlauf-Prüfstand rotieren Turbinenwellen über mehrere Tage bei Betriebstemperatur, während Sensoren alle Anzeichen für Formänderungen oder Verlagerungen überwachen.
 Bilder: Klaus Vollrath

förderlich für die Sicherstellung der Prüfbarkeit mit Hilfe von Ultraschall, einem der wichtigsten Prüfverfahren. Nach Überprüfung und Freigabe erfolgt dann in einem letzten Durchgang die so genannte Qualitätswärmebehandlung zur Einstellung der gewünschten mechanischen Eigenschaften.

bis zur Qualitätskontrolle

„Integrierter Bestandteil unserer Verbesserungsmaßnahmen sind natürlich auch entsprechende Maßnahmen im Bereich der Qualitätsprüfung“, sagt Dr. Hippenstiel. Eine besondere Rolle spielt hierbei die Ultraschallprüfung, Bild 11. Angesichts der Abmessungen der Teile ist es das einzige wirtschaftlich einsetzbare Verfahren, mit dem sich tief im Inneren verborgene Fehlstellen wie nichtmetallische Einschlüsse oder nicht verschlossene Hohlräume zerstörungsfrei aufspüren lassen. Hier wurde massiv in automatisierte Ultraschall-Prüfsysteme mit integrierten Auswertesystemen investiert. Diese können das Bauteil

ein Wert von 1,5 mm KSR akzeptiert. Ähnliche Verschärfungen gelten auch für weitere wichtige Kriterien, mit denen später auf die Haltbarkeit des Bauteils geschlossen werden kann.

Aber auch auf anderen Gebieten wird kontinuierlich neue Anlagentechnologie zur Überprüfung bzw. Dokumentation der Qualität beschafft. Hierzu gehört u. a. ein Warmlauf-Prüfstand, in dem Turbinenwellen über mehrere Tage bei Betriebstemperatur langsam rotieren, während Sen-

Buderus Edelstahl GmbH

Die zur Böhler-Uddeholm Gruppe gehörende Buderus Edelstahl GmbH mit Sitz in Wetzlar ist ein namhafter Produzent von hochwertigen Edelstählen. Das Unternehmen zählt sich zu den weltweiten Marktführern bei geschmiedeten Edelbau- und Werkzeugstählen sowie Freiformschmiedestücken. Die jährliche Rohstahlerzeugung liegt bei rund 450.000 t, der Absatz an Halbzeugen und Produkten aus Edelstahl beträgt rund 300.000 t. Wichtige Voraussetzung für Lieferflexibilität und Qualität zugleich ist die durch alle Produktionsstufen geschlossene Prozesskette von der Metallurgie im eigenen Stahlwerk bis zum Endprodukt.

Buderus Edelstahl GmbH,
 Buderusstraße 25,
 35576 Wetzlar, Deutschland,
www.buderus-steel.com.



Barbara Jansen



Klaus Vollrath