



Stahlgießen bei Sande Stahlguss: Zur Fertigung von Großguss wird die aus dem Lichtbogenofen abgeschöpfte Stahlschmelze aus einer Stopfenpfanne in die Form gegossen.

Entwicklung von Kobalt-Bor-legierten Gusswerkstoffen

Die Sande Stahlguss GmbH (SSG) ist eine Kundengießerei, die Stahlguss hauptsächlich für Kraftwerkskomponenten fertigt. Seit 2011 produziert der Betrieb Gussteile aus neuartigem hochlegierten und hochchromhaltigen Kobalt-Bor-Stahl (GX13CrMoCoVN-bNB9-2-1), auch unter der Bezeichnung CB2 bekannt, mit dessen Hilfe der Wirkungsgrad von Kraftwerken erhöht und die CO₂-Emissionen deutlich gesenkt werden können.

VON MIRCO KAPPLER, SANDE

Motivation zum Einsatz von CB2-Stahl

Angesichts des weltweit wachsenden Energiebedarfes und knapper werdender fossiler Brennstoffe versuchen Kraftwerksbetreiber und -bauer in den industrialisierten Ländern die Wirkungsgrade ihrer Anlagen zu verbessern. Zudem haben sich zahlreiche Industrienationen in-

klusive China zur Reduktion der CO₂-Emissionen verpflichtet. Gepaart mit dem Ausstieg aus der Kernkraft in Deutschland ergibt sich global ein erheblicher Bedarf für den Neubau und die Auf- bzw. Umrüstung bestehender Kraftwerke mit fossilen Brennstoffen.

Während in den Entwicklungs- und Schwellenländern eher auf ein günstiges Preis-Leistungs-Gefüge und eine robuste Kraftwerkstechnik Wert gelegt wird, suchen industrialisierte Länder nach Mit-

teln und Wegen, die Effizienz bestehender Anlagen zu erhöhen oder neue Kraftwerke mit sehr hohen Effizienzgraden zu errichten. Beispielgebend hierfür sind die von Siemens gebauten Gas- und Dampfkraftwerke (GuD-Kraftwerke) Irsching in Vohburg und Lausward in Düsseldorf (**Bild 1**). Letzteres ist derzeit im Bau und wird 2016 in Betrieb genommen.

Im weltweiten Durchschnitt weisen Steinkohlekraftwerke ungefähr einen Wirkungsgrad von 44 % auf. Der Großteil der

eingesetzten Energie bleibt ungenutzt. Eine Möglichkeit zur Erhöhung der Wirkungsgrade bieten GuD-Kraftwerke, die über einen weiteren Kreislauf den Dampf erneut erhitzen und für die Stromerzeugung nutzen. Dadurch werden Wirkungsgrade von ca. 50 % erreicht. Gekoppelt mit Fernwärme lässt sich der Wirkungsgrad erneut steigern (Bild 2).

Unabhängig von der konstruktiv optimierten Kraft-Wärme-Kopplung oder den GuD-Kraftwerken kann der Wirkungsgrad über höhere Einsatztemperaturen gesteigert werden. Ziel ist es dabei, die Wärmeverluste zu minimieren und Turbinen bei höheren Temperaturen zu betreiben. Ein gewünschter Nebeneffekt der Steigerung des Wirkungsgrades mittels Erhöhung der Betriebstemperaturen ist die Reduktion des CO₂-Ausstoßes.

Konventionelle Kraftwerksstähle müssen Temperaturen von 560 °C und Drücke von ca. 250 bar im Dauerbetrieb aushalten. Hochlegierte Stähle mit 9 % Chrom wie z. B. „P91“ sind für Temperaturen von bis zu 600 °C und Drücke von bis zu 270 bar ausgelegt. Die Effizienz der Kraftwerksanlagen aus P91-Stahl wird von Siemens mit ca. 45,3 % beziffert (Bild 3). Durch Verwendung von CB2-Stahl ließe sich die Einsatztemperatur auf bis zu 620 °C und einhergehend der Wirkungsgrad um beinahe einen Prozentpunkt auf 46 % erhöhen. Die Erhöhung des Wirkungsgrades um einen Prozentpunkt ergibt ein Einsparpotenzial von bis zu 2,4 Mio. t CO₂ bei einer Kraftwerkslaufzeit von ca. 30 Jahren, ausgehend von ei-



FOTO: WWW.SIEMENS.COM/PRESSE

Bild 1: Montage einer SGT5-8000H-Turbine für ein GuD-Kraftwerk in Düsseldorf. In diesen hocheffizienten Kraftwerken könnten besonders temperaturbeständige Kraftwerksstähle die Wirkungsgrade weiter erhöhen.

ner 700 MW-Turbine (Bild 3). Darüber hinaus ließen sich 2000 t NO_x, 200 t SO₂ und 500 t Partikelemissionen einsparen.

Entwicklung von CB2-Stahl

Im Rahmen verschiedener Forschungsprojekte wird kontinuierlich an der Entwicklung neuer Werkstoffe geforscht. Insbesondere die Zeitstandsfestigkeit bei Temperaturen über 600 °C steht hier im Mittelpunkt des Interesses der Werkstoffexperten.

Sande Stahlguss beteiligt sich intensiv in Ausschüssen und Arbeitskreisen an der

Entwicklung und Erforschung dieser Werkstoffe, insbesondere in der Forschungsvereinigung „Warmfeste Stähle und Hochtemperaturwerkstoffe“. Parallel dazu wird im eigenen Haus auftragsbegleitend die Optimierung der technischen Parameter vorangetrieben. Insbesondere werden die Bereiche Metallurgie, Qualitätswärmebehandlung, Schweißverfahren und zerstörungsfreie Prüfverfahren weiterentwickelt.

Neben Forschungsergebnissen aus der Forschungsvereinigung liegen SSG eigene Ergebnisse der Zeitstandsfestigkeit des Werkstoffs CB2 sowie verschiedener Schmelzmetallurgien (LBO/AOD) und Wär-

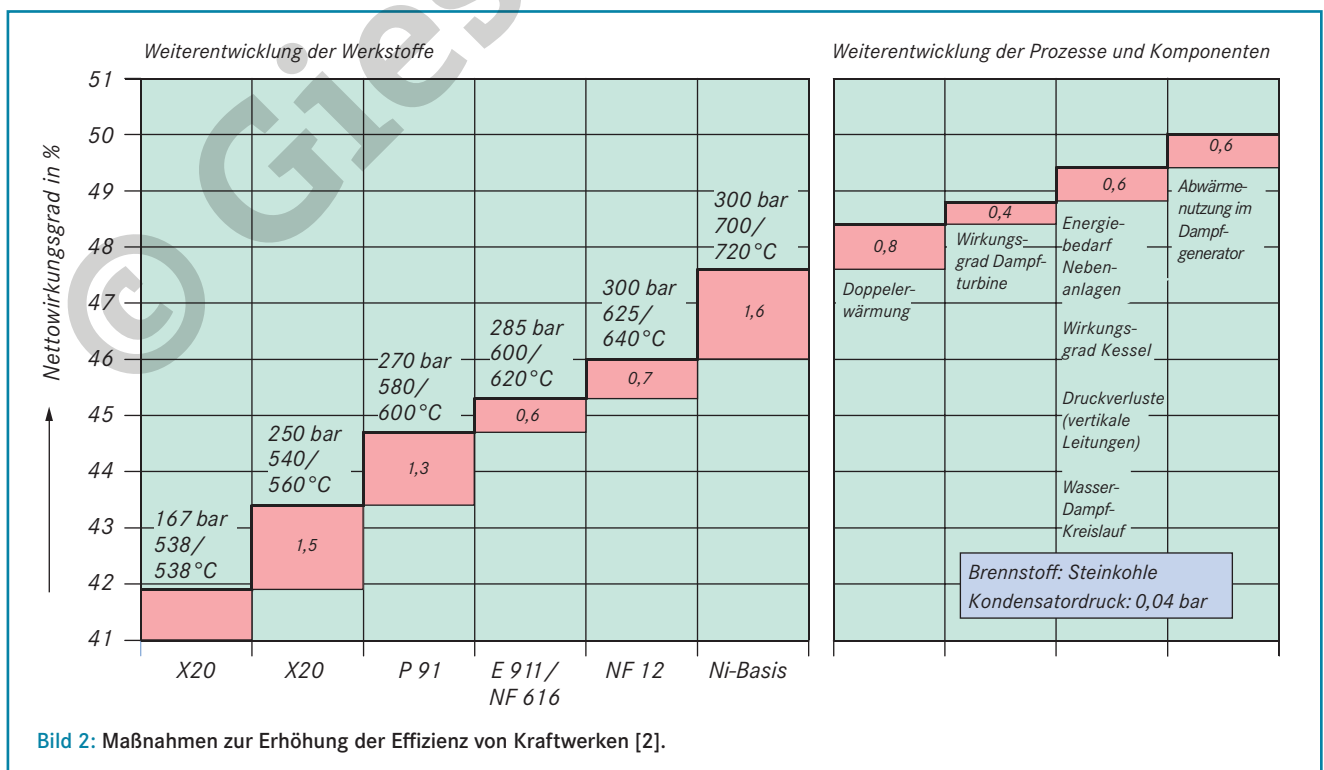
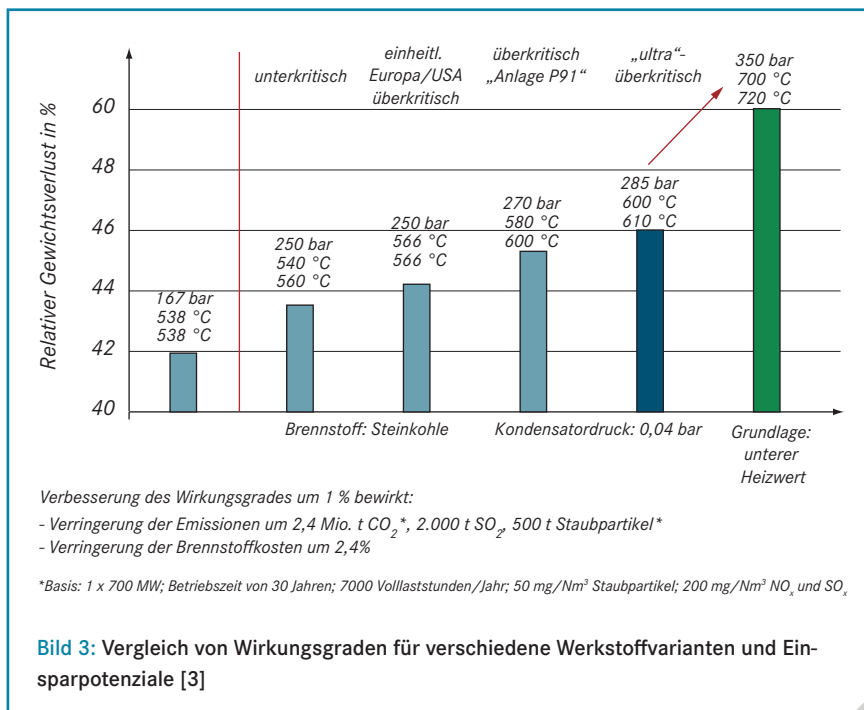


Bild 2: Maßnahmen zur Erhöhung der Effizienz von Kraftwerken [2].



mebehandlungen vor. Die Ergebnisse liegen in und über der Bandbreite, wie sie im Arbeitskreis anhand der vorhandenen Proben gemessen und prognostiziert werden.

Bei dem Stahl CB2 (GX 13CrMoCoVNbNB9-2-1) handelt es sich um eine Weiterentwicklung der konventionellen warmfesten Stähle P91, P911 und P92 mit dem Ziel, höhere Betriebstemperaturen bei mindestens gleichen mechanischen Eigenschaften zu erreichen. Dies wird durch geringe Analysevariationen und insbesondere durch das gezielte Zulegieren von Kobalt und Bor erreicht.

Die Vorteile des Werkstoffs CB2 für Anwendungen im hochkritischen Dampfbereich liegen auf der Hand. Es wurde in den Arbeitskreisen und diversen Forschungsvorhaben nachgewiesen, dass die Zeitstandsfestigkeit von CB2 bei gleicher Temperatur und gleichem Druck über den Werten der konventionellen hochlegierten Stähle mit 9 % Chrom liegt. Die Betriebstemperaturen könnten erhöht werden, während bei gleicher Belastung die Wanddicken reduziert werden könnten. Dies würde signifikante Materialeinsparung mit sich bringen. Dünnere Wände haben ebenfalls eine Reduktion der thermischen Belastung zur Folge [1].

Produktion von Gussteilen aus CB2-Stahl

Trotz der intensiven langjährigen Forschungsarbeit in Europa setzen europäische Kraftwerksbauer diesen hochmodernen Stahl kaum ein. Vielmehr schreitet die Konkurrenz aus China voran. Sande Stahl-

guss hat von 2011 bis heute 500 t Guss des Werkstoffs CB2 hauptsächlich für chinesische Kraftwerke geliefert.

Die Produktpalette konzentriert sich hierbei auf Ventile und Innengehäuse für hochkritische Dampftemperaturbereiche bei hohen bis sehr hohen Drücken. Entsprechend der Belastungen sind die Wände der gelieferten Produkte bis zu 300 mm dick. Ihr Gewicht variiert in einer Bandbreite von 1,5 bis 25 t. Konstruktionsschweißungen (artgleich und artfremd) sind ebenfalls Bestandteil des Lieferspektrums.

Bei der Herstellung der Schmelze sind die teils sehr engen Vorgaben der Kunden zu beachten, die mehr oder weniger variieren. Diese Kundenvorgaben stellen höchste Anforderungen an die sekundärmetallurgische Behandlung. Insbesondere setzen die zu erzielenden Gasgehalte den Einsatz eines Argon Oxygen Decarburization (AOD)-Konverters voraus.

Damit wird nochmals die Investition der Sande Stahlguss GmbH in einen solchen Konverter bestätigt, die zunächst mit Blick auf rostfreie, kaltzähe und konventionelle warmfeste Stähle sowie Duplexstähle getätigt wurde. Bei den rostfreien und kaltzähen Stählen mit niedrigem Kohlenstoffgehalt ist eine ausreichende Entkohlung zwingend notwendig. Bei allen Stahlsorten wirkt sich die damit erreichbare größere Reinheit des Stahls sehr positiv auf die mechanischen Eigenschaften und generell auf die Fertigung von Bauteilen aus diesen Stählen aus.

In den nachfolgenden Prozessen und vor allem der Qualitätswärmebehandlung

profitiert SSG von der langjährigen Erfahrung mit konventionellen warmfesten Stählen wie dem P91, dem P911 oder dem P92. Dadurch ist auch beim CB2-Stahl eine gezielte Wärmebehandlung prozesssicher durchführbar, um die hohen Kundenansprüche an die jeweiligen mechanischen Eigenschaften zu erreichen.

CB2 verhält sich aus produktionstechnischer Sicht noch diffiziler als die bisherigen konventionellen warmfesten Stähle. SSG hat sowohl aus gießtechnischer Sicht als auch beim Schweißen fundierte Erfahrungen gesammelt und beherrscht die Prozesse für Fertigungs- und Konstruktionschweißungen. Zur weiteren Optimierung der Fertigung werden derzeit erst kürzlich entwickelte Drähte für das MAG-Schweißen (Metallaktivgasschweißen) erprobt.

Mittlerweile wurden ca. 500 t des neuen Werkstoffs versandt. Hierdurch konnten Erfahrungen in allen Bereichen der Fertigung gesammelt sowie Durchlaufzeiten signifikant reduziert werden. Weitere Aufträge für CB2-Stahl im Umfang von ca. 400 t Versandgewicht liegen vor.

Fazit

Der Einsatz moderner, hochlegierter CB2-Stähle in der Kraftwerkstechnik erlaubt höhere Betriebstemperaturen im Vergleich zu konventionellen Stählen. Dadurch kann die Effizienz der Anlagen gesteigert und der CO₂-Ausstoß reduziert werden. Sande Stahlguss arbeitet aktiv an der Entwicklung neuer Stähle mit und empfiehlt sich als zuverlässiger Partner in der Werkstoffentwicklung.

Mirco Kappler, Technischer Vertrieb, Sande Stahlguss GmbH

www.sande-stahlguss.de

Literatur:

[1] *Manufacturing Experience in an Advanced 9%CrMoCoVNbNB Alloy (...)*, Journal of Engineering for Gas Turbines and Power 135 (2013) Nr. 6.

[2] VGB Power Tech 12/99: *Steam Generators for the Next Generation of Power Plants, Aspects of Design and Operating Performance*, http://www.energy.siemens.com/co/pool/hq/power-generation/power-plants/steam-power-plant-solutions/benson-boiler/Steam_Generators_for_the_Next_Generation_of_Power_Plants.pdf; recherchiert am 27.05.2014.

[3] http://www.energy.siemens.com/hq/pool/hq/power-generation/power-plants/steam-power-plant-solutions/benson-boiler/efficiency_458px_72dpi.jpg; recherchiert am 27.05.2014.