

## Heißgaserzeuger für Trocknungsprozesse in der Stärke produzierenden Industrie

Bereits im Jahr 1994 wurde, von der Firma Crespel & Deiters in Ibbenbüren, eine Kraftwärmekopplungs-Anlage (KWK-Anlage) mit Gasturbinen installiert. Crespel & Deiters produziert Weizenstärke, die KWK-Anlage erzeugt Prozesswärme und elektrischen Strom für den Produktionsprozess.

Die als Heißgas (Heißluft) aus den Gasturbinen austretende Abwärme wird direkt, ohne Zwischenwärmetauscher, dem von den Trocknern angesaugten Prozessluftstrom beigemischt. Vor der Installation der KWK Anlage erfolgte die Prozessluftherwärmung für Heißluftstromtrockner sowohl über dampfbeheizte Luftherhitzer als auch über atmosphärische Gasflächenbrenner mit offener Flamme, direkt im Prozessluftstrom.

Die Erfahrungen mit dieser direkten Gasbeheizung über offene Gasbrenner gaben 1994 den Impuls, einen Gasturbineinsatz für die Trocknerheißluftversorgung bei gleichzeitiger Stromerzeugung zu untersuchen.

Die Bewertungen der erforderlichen Heißgasvolumenströme und Temperaturen sowie des elektrischen Leistungsbedarfes der Produktion zeigten, dass nur über eine **KWK-Anlage mit Gasturbine** das erforderliche Verhältnis von **Heißgasmenge, Heißgastemperatur und elektrischer Leistung** darstellbar ist.

- Die erforderliche Heißgaseintrittstemperatur in die Trockner liegt bei **~160°C**.
- Die Prozessluftaustrittstemperaturen aus den Trocknern beträgt **~60°C**.
- Die Heißgasaustrittstemperatur der vorgesehenen Gasturbine lag bei **~520°C**.

Die erforderliche Heißgaseintrittstemperatur in die Trockner und der erforderliche Heißgasvolumenstrom ergeben sich aus der Mischung von Turbinenheißgas und Außenluft. Die Mischluftregelung erfolgt in Abhängigkeit der Trockneraustrittstemperatur mit Begrenzung der maximalen Eintrittstemperatur. Die anfallende Turbinenabwärme wird dementsprechend mit einer Nutztemperaturdifferenz von **~460 K** genutzt.

Bezogen auf den erforderlichen Prozessluftvolumenstrom und die anfallende Heißgasmenge, ergibt sich, je nach KWK- System, die verfügbare elektrische Leistung.

Folgende Grundanforderungen sollten mit dem KWK-System erfüllt werden:

- Möglichst vollständige Abdeckung des Trockner-Heißluftwärmebedarfes
- Hoher Nutzungsgrad der verfügbaren elektrischen Leistung im Betriebsnetz ohne NetZRückspeisung und ohne stromgeführte Leistungsanpassung der KWK- Anlage.

Eine Bewertung der 1994 verfügbaren Aggregate zeigte, dass die gestellten Anforderungen an Heißgasmassenstrom und Heißgastemperatur sowie verfügbare elektrische Leistung, am besten mit zwei Gasturbinen-Generator Aggregaten **Kawasaki Type KA 1334 D6** erfüllt werden.

*Bild 1 Anlagenschema vorh. Anlage von '99 ( Quelle: Bericht Fachtagung Turbo.KWK '99 )*

Leistungsdaten je Aggregat (bezogen auf 60m ü. NN 15°C):

- Klemmenleistung: 1405 kW
- Elt.Wirkungsgrad: 23,5 %
- Abgastemperatur: 520 °C (+10°C -25°C)
- Abgasmassenstrom: 8,02 kg/s
- Nutzbare Abgaswärme: ca. 3750 kW bei Abkühlung auf 60-80°C

Gesamtleistung KWK-Anlage:

- elektrisch: 2780 kW
- thermisch: ca. 7500 kW

Über ein isoliertes Heißgasverteilnetz wird das aus den Turbinen austretende Heißgas mit dem, durch die Turbinen erzeugten, Heißgasdruck (Netzgedruck ca. 15-20 mbar) zu den Mischzonen in den Heißstromtrocknern gefördert. In den Mischzonen wird über geregelte Mischklappen die erforderliche Trockner-Heißgastemperatur durch Mischung von Turbinenheißgas und Außenluft eingestellt. Aufgrund der unterschiedlichen Außentemperaturen, ergeben sich variable Mischverhältnisse. Die Bezugs-Außentemperatur wurde mit ~15°C angenommen. Das heißt, bei geringeren Außentemperaturen ist eine Unterdeckung und bei höheren Außentemperaturen ein Heißgasüberschuss zu erwarten.

Bei Unterdeckung erfolgt eine Zuheizung über die vorhandenen konventionellen Systeme, Überschussmengen werden über einen Notkamin gegendruckgeregelt ausgeschleust.

Die komplette KWK-Anlage wurde im August 1994, nach nur 3 Monaten Bauzeit, in Betrieb genommen. Im bestimmungsgemäßen Betrieb wurden, in einem Zeitraum von ca. 2 Monaten, regelungstechnische Abstimmungen und Optimierungen durchgeführt.

Seit der Inbetriebnahme arbeitet die KWK Anlage mit praktisch uneingeschränkter Verfügbarkeit. Der Normalbetrieb zeigte allerdings einen größeren Heißgasüberschuss als angenommen. Die Ursache lag darin, dass die direkte Heißgasbeheizung effektiver funktionierte als die indirekte Beheizung mit Dampf einschließlich der entsprechenden Kondensatwärmeverluste.

Um die Verluste durch Heißgasableitung über den Notkamin zu verringern, wurde ein vorhandener Dampfkessel auf Heißgasbeheizung umgerüstet. Damit war eine vollständige Turbinenheißgasnutzung gewährleistet. Durch betriebsbedingte Änderungen in der Bedarfsstruktur von Dampf und Heißgas, wurde diese Maßnahme mittlerweile wieder zurückgebaut.

Um die Stillstandszeiten bei der nach ca. 40.000 Betriebsstunden notwendigen Turbinen-Generalrevision zu minimieren, wurden zwei zusätzliche Turbinensätze angeschafft, somit sind bei anstehenden Revisionen (aber auch bei unvorhergesehenen Ausfällen) immer zwei gewartete Turbinen verfügbar. Das heißt, ein Austausch ist in sehr kurzer Zeit realisierbar. In der Regel wird hierfür die jeweils anstehende Betriebsrevision genutzt.

Im Jahr 2007 wurde bei Crespel & Deiters mit der Errichtung eines neuen Glutentrockners begonnen, mit diesem erhöhte sich die von den Gasturbinen bereitzustellende Heißgasmenge um ~ **16 kg/s**.

Vergleich: Die Heißgasmenge der beiden vorhandenen KA 1334 Turbinen beträgt je 7.94 kg/s und damit insgesamt ~**15.88 kg/s**.

- Nach Installation des neuen Trockners, wird sich der Heißgasbedarf auf bis zu **~30 kg/s** erhöhen.
- Der Strombedarf erhöht sich durch den neuen Trockner um **~2500 kW**.
- Unter Berücksichtigung weiterer zusätzlicher Verbraucher, ergibt sich somit ab 2008, ein elektrischer Leistungsbedarf von insgesamt **~6850 kW**.

Die Novellierung der TA Luft 2002 führte zu einer Halbierung der NO<sub>x</sub>-Grenzwerte auf **75 mg/m<sup>3</sup>** (vorher 150 mg/m<sup>3</sup>). Das bedeutet, die Turbinen können, nach Ablauf der Übergangsfrist, ab Oktober 2012 nicht mehr (im Dauerbetrieb) eingesetzt werden.

Da eine Umrüstung der vorhandenen Turbinen technisch u. wirtschaftlich nicht praktikabel ist und eine deutliche Erhöhung der elektrischen u. thermischen Leistung sinnvoll wurde, fiel die Entscheidung für eine neue Gasturbinen KWK-Anlage:

- Leistung elektrisch: **ca. 5500 kW**
- Heißgasmenge: **ca. 21.5 kg/s**.

Mit dieser Anlage kann, bei einem Parallelbetrieb, mit einer der beiden vorhandenen KA 1334 Anlagen, der Ende 2008 bestehende Energiebedarf abgedeckt werden. Über die endgültige KWK-Leistung und Konfiguration, nach Abschaltung der beiden KA 1334 Anlagen, soll auf Basis von aktualisierten Energiebedarfswerten bis 2011 entschieden werden.

Trotz der durchweg positiven Erfahrungen mit den beiden Kawasaki Anlagen, wurde zugunsten einer **Solar Taurus 60 Anlage von Turbomach** entschieden.

Grundsätzlich war im angestrebten Leistungsbereich zwischen den beiden Anlagen Solar Taurus 60 und Kawasaki GPB 60 zu entscheiden.

Von der Taurus 60 sind mit über 330 Anlagen (Quelle: Turbomach Referenzliste Stafd 07/2007) erheblich mehr Anlagen installiert als von der

Kawasaki GPB 60 D (1 Anlage Stand10/2006). Aus der größeren Verbreitung der Taurus 60 Anlage werden wesentlich Vorteile bei Ersatzbeschaffungen erwartet.

*Bild 2 Schema Anlagenerweiterung mit Taurus TBM 60, Abhitzeessel u. neuem Trockner*

*Bild 3 Detail: Heißgasverteilung auf dem Abhitzeesselgebäude*

Leistungsdaten **Taurus TBM T 60** (bezogen auf 60m ü. NN, 15 °C)

- Klemmenleistung: 5500 kW
- Brennstoffeinsatz: 17.759 kJ/s
- Elt. Wirkungsgrad: **30,9 %**
- Abgastemperatur: 515 °C
- Abgasmassentrom: 21,45 kg/s
- Nutzbare Abgaswärme: 9600 kW bei Abkühlung auf 60-80°C
- Gesamtwirkungsgrad: **85 0 %**

#### Emissionswerte

- NO<sub>x</sub>: 60 mg/m<sup>3</sup>
- CO: 80 mg/m<sup>3</sup>

Um Heißgasableitungen durch den Notkamin, vor allem durch unterschiedlichen Heißgasbedarf der Trockner und bei höheren Außentemperaturen, zu vermeiden, ist bei der KWK-Anlage, in einem Heißgasnetz-Beipass, ein Abhitzekessel zur Hochdruckdampferzeugung installiert. Der Abhitzekessel wird, in Abhängigkeit des Heißgasnetzdruckes, geregelt mit Überschussheißgas beaufschlagt.

Nach dem Abhitzekessel kann das Heißgas geregelt wieder dem Netz zugeführt, um bei reduzierter Temperatur einen höheren Massenstrom zu gewährleisten, oder über den Notkamin ausgeschleust zu werden.

#### Leistungsdaten **Abhitzekessel**:

- Abgasmassenstrom (Teilstrom): 0(2) bis ca. 14 kg/s
- Abgastemperatur: ca. 515°C
- Dampfleistung: 0(1000) bis max. 7300 kg/h
- Sattedampftemperatur: 191°C
- Sattedampfdruck absolut: 13 bar

#### *Bild 4 Schema Dampfanschluss und Kondensateinbindung Abhitzekessel*

Die neue KWK-Anlage versorgt vorrangig den neuen Trockner mit Heißgas, über eine Verbindungsrohrleitung ist sie an den Heißgasring der Kawasaki Turbinen angebunden. Die Heißgasregelung der vorhandenen Systeme wurde weitgehend unverändert übernommen. Die Heißgasregelung des neuen Trockners ist in modifizierter Form ähnlich aufgebaut.

Die neue KWK-Anlage hat einen separaten Notkamin sowie eine eigene mech. Überdruckklappe zur Absicherung gegen unzulässig hohe Netzgedrücke bzw. Druckstöße bei Regelklappenausfall.

#### *Bild 5 Heißgasverteilung auf dem Abhitzekesselgebäude und Notkamin gegen Ende der Bauphase*