

Qualitätssteigerung im Härteofen durch definierte Atmosphärenversorgung

Alexander C. Hanf

LT GASETECHNIK

Innovative Gasmischtechnologie gewährleistet die Atmosphärenversorgung von Härteöfen mit einem definierten Methan-Wert. Dies resultiert in einer signifikanten Qualitätsverbesserung der zu härtenden Teile: Ausschussquoten wurden von 5% auf nahezu 0% reduziert.

Gasmischer die auf Mass-Flow-Controllern basieren mischen dazu genau, reproduzierbar und durch einen integrierten Gasanalysator kontrolliert, Stickstoff und Erdgas. Die Volumenströme der Einzelgase werden über eine benutzerfreundliche Steuerung und Anbindung an das übergeordnete Prozessleitsystem eingestellt. Verschiedene Prozessbedingungen und Fahrweisen werden passgenau angesteuert.

Keywords:

Gasmischer, Gasmisch, Gasanalyse, Atmosphärenversorgung, Schutzgas, Qualitätssteigerung, Innovationen, Umwandlungshärten, Entkohlung

1. Die Aufgabenstellung

H. S. A. Industrietechnik Härterei Service aus Berndorf, Österreich, wurde vom Endkunden mit der Erneuerung und Instandsetzung von fünf Härteöfen zum Umwandlungshärten an einem einzigen Standort beauftragt. Dies beinhaltete ebenfalls die Erneuerung der jeweiligen Atmosphärenversorgung.

In den indirekt elektrisch beheizten, gasdichten Rollenherdöfen wurde vor dieser Erneuerung der Prozess mit einer reinen Stickstoffatmosphäre gegen das Eindringen von Sauerstoff geschützt. Dadurch wurde jedoch den zu härtenden Lager-Schalen an der Oberfläche Kohlenstoff entzogen was zu Oberflächenspannungen und zu Rissen führte. HSA suchte für die Lieferung einer innovativen maßgeschneiderten Atmosphärenversorgung einen kompetenten Partner und wurde mit LT GASETECHNIK fündig.

LT präsentierte sich gegenüber HSA mit 45 Jahren Erfahrung in der Gasmischtechnik und weit über 2.000 in mehr als 35 Länder gelieferten Standardanlagen und individuellen Großanlagen. Die Tätigkeitsschwerpunkte der rund 25 Mitarbeiter am Standort Dortmund sind

- Verfahrenstechnischer Gas-Anlagenbau als kundenspezifische Lösung sowie
- Serien-Anlagen für Gase als Standardprodukte.

Typische Kundenindustrien für diese Anlagen sind z. B. Metallverarbeitende-, Glas-, Automobil-, Elektronik-, Chemie-, Kraftwerks-, Lebensmittelindustrie sowie, Gase-Produzenten und Hersteller von Thermoprozessanlagen.

Zusätzlich ist LT GASETECHNIK Mitglied der weyer gruppe und hat so Zugriff auf einen Ingenieur-Pool. Die weyer gruppe hat 160 fest angestellte Mitarbeiter (120 mit Vollstudium), davon mehr als 20 Gutachter und Experten, bzw. öffentlich bestellte und vereidigte Sachverständige. Aus einer Hand werden komplette Planung und Beurteilung von Industrieanlagen, Industriestandorten und Anlagensicherheit durchgeführt; dies für rund 950 Industrieprojekte im Jahr mit Kunden-Investitionssummen von bis zu 40 bis 50 Mio. € je Projekt. Im Rahmen der weyer gruppe fokussiert sich LT GASETECHNIK auf die Gasmischtechnik und liefert diese Industrie 4.0 tauglich, für alle Gase (inert, brennbar, oxidierend, toxisch, korrosiv oder selbstentzündlich ob technische Gase oder Brenngase), weltweit, für Temperaturen von -40°C bis +60°C, zur reproduzierbaren Mischung von 2 bis 12 Gasen, bei Leistungen von 1 bis >12 000 Nm³/h, ggfs. auch mit Redundanz(en). LT GASETECHNIK bietet aus einer Hand Konzeption und Engineering, Ex-Schutz-, Gefahren- und Risiko-Analysen, 3-D Konstruktion, EMSR- und Analysentechnik, Produktion, Lieferung und Montage einschließlich Inbetriebnahme und Schulung innovativer maßgeschneiderter Anlagen.

2. Anforderungen und Lösung

Für die vorhandenen Härteöfen wurden die Anforderungen an den zu liefernden Gasmischer gemeinsam definiert: Es sollte ein Gasgemisch aus Erdgas und Stickstoff mit bis zu 50 Nm³/h erzeugt werden. Besonders relevant war die jeder-

zeitige Sicherstellung eines definierten Methangehalts im Gasgemisch sowie die reproduzierbare Einstellung mit hoher Genauigkeit. Zusätzlich sollte der Ofen mit 200 Nm³/h Stickstoff z. B. bei Produktwechseln gespült werden können. Der Gas-mischer war zur Fernbedienung an das zentrale Prozessleitsystem anzubinden.

2.1 Methan aus Erdgas

Zur Erzeugung der geeigneten Ofenatmosphäre ist ein gängiges Verfahren, einem Trägergas wie z. B. Stickstoff kohlenstoffreiche Gase wie z.B. Methan (CH₄), Propan (C₃H₈) oder ähnliche beizumischen. Häufig wird Erdgas als relativ günstige und einfach verfügbare Methanquelle benutzt. Die Erdgasqualität schwankt allerdings, somit schwankt ebenfalls der Methananteil im Erdgas. Bei einer festen Einstellung des Mischungsverhältnisses von Erdgas in Stickstoff variiert folglich auch der Methananteil in der Ofenatmosphäre – mit negativen Folgen für die Qualität.

Betreiber der Härteanlagen müssen zukünftig durch die Marktraumumstellung und zunehmend durch Einspeisung von EE-Gas, Wasserstoff aus Hybridkraftwerken und Power2GasAnwendungen, sowie von LNG und CNG mit stärker schwankenden Erdgaseigenschaften bzw. Methananteilen rechnen. Der Methan-Anteil schwankt heute bereits in Abhängigkeit vom Standort. Messungen zeigen eine Schwankungsbreite der Methan-Konzentration im Erdgas von 89,83 bis zu 97,77 mol-% – dies bei annähernd gleichem Brennwert. Fachleute erwarten einen Anstieg dieser Varianz z. B. durch die Einspeisung von Bio-Methan und Wasserstoff in das Erdgasnetz sowie die EU-weite H-Gas-Harmonisierung durch die EN 16726. Somit wird die Erdgaszusammensetzung bis zum Jahr 2050 in Europa gewolltermaßen – eben um den Energie-Mix breiter aufstellen zu können – deutlich stärker und deutlich schneller schwanken. Die Varianzen der Erdgaszusammensetzung werden also in Frequenz, Amplitude und Änderungsgeschwindigkeit deutlich zunehmen.

Daraus folgend muss bei hohen Qualitätsanforderungen der Methangehalt im Gasgemisch geregelt werden. Eine Lösung wäre, vorgemischtes Gas oder reines Methan einzusetzen. Eine günstigere Alternative ist die Verwendung eines modernen Gasmischers. Dieser steuert den Methangehalt im Schutzgas, so dass geziel-

ter Kohlenstoffgehalt in der Ofenatmosphäre reproduzierbar und sicher erzeugt wird und so einwandfreie Härteergebnisse entstehen.

2.2 Anforderungsgerechte Auslegung des Gasmischers

Basierend auf der zuvor genannten Aufgabe wurden verschiedenste Anforderungen an die Auslegung des Gasmischers mit dem Kunden diskutiert. Diese gemeinsame Iteration beginnt oft bei der Frage ob ein Serien-Gasmischer oder ein kundenspezifischer Gasmischer zum Einsatz kommen soll. Serien-Gasmischer sind mit und ohne Gas-Analyse, für die häufigsten Gasarten wie Ar/CO₂, H₂/N₂ etc. verfügbar. Hohe Anforderungen an Automatisierung und Genauigkeit erforderten in diesem Fall jedoch einen kundenspezifischen Gasmischer.

Als Aufbau des Gasmischers kommen in Frage Schrank, Pult, Rack, Rahmen, oder für größere Gasmischer (z. B. Leistung 10.000 Nm³/h) Container oder Gestell. Ein Schrank war in diesem Fall die bevorzugte Lösung. Dieser sollte – passend zu den anderen Anlagen am Standort – in kundenspezifischer Farbe lackiert sein.

Bei der Ausstattung wird häufig ein Kompromiss zwischen dem technisch Möglichen und den gegebenen Budget-Restriktionen gemacht: Die Stickstoffversorgung mit 200 Nm³/h Spülmenge wurde als Bypass ausgeführt, eine Redundanz der Mischstrecke war nicht gewünscht. Der Gasanalysator wurde mit der Steuerung kombiniert, dabei wurde z. B. auf SMS- oder Mail-Versand und Fernwartung verzichtet.



Abbildung 1: Gasmischer im Schrank



Abbildung 2: Steuerung mit Gas-Analyse

2.3 Aufbau des Gasmischers

Es kommt ein MFC-basierte Gasmischer zum Einsatz. Die Volumenströme und Mischungsverhältnisse der Einzelgase werden über MFC (Mass Flow Controller – elektronische Massendurchflussregler) über eine benutzerfreundliche Steuerung eingestellt. MFC sind Meß- und Regelgeräte mit einer digitalen elektronischen Schaltung. Sie bestehen aus einem Mikro-Regler mit einer Peripherie für Messung, Regelung und Kommunikation. Der Durchfluss wird im Sensor gemessen und digitalisiert, dann von der internen Software verarbeitet. Die gemessenen und verarbeiteten Werte werden über digitale Kommunikation ausgegeben.

Jedes Gerät ist kalibriert und justiert für die Betriebsbedingungen der Anwendung. Die Standard-Kalibrierung ermöglicht eine Durchflussberechnung über eine Polynom-Funktion mit Druck- und Temperatur-Kompensation. Diese Polynom-Funktion wird auf der Grundlage einiger Probemessungen berechnet. Auf dieser Basis können die Original-Kalibrierpunkte und eine unendliche Zahl von Zwischenwerten mit hoher Genauigkeit berechnet werden. Besonderer Vorteil MFC-basierter Gasmischern ist ihr sehr geringer Druckverlust.

Beim hier zum Einsatz kommenden Gasmischer wird die jeweilige Einstellung der MFC und das daraus resultierende Mischergebnis über einen Gasanalysator überwacht. Der Gasmischer ist so in der Lage, jederzeit ein definiertes, einstellbares Gasgemisch aus Stickstoff und Erdgas zu erzeugen. Die Gasgemisch-Abnahmemenge ist variabel und beträgt maximal 50 Nm³/h bei einem einstellbaren Ausgangsdruck zwischen 2,0 und 2,5 barg.

Gewünschte Durchflussmengen der Einzelgase und der gewünschte Ausgangsdruck sind auf dem Touchscreen der Steuerung einstellbar.

Über diesen Touchscreen können ebenfalls Grenzwerte der Methan-Konzentration



Abbildung 3:
Mechanischer Teil

im Gasgemisch eingestellt werden. Im Regelbetrieb soll die Methan-Konzentration zu keinem Zeitpunkt die 4 Vol%-Grenze überschreiten. Wird dieser obere Grenzwert überschritten, erfolgt eine automatische Absperrung der Erdgas-Zufuhr sowie ein Alarmierung.

Die Methan-Konzentration im Gasgemisch wird mit einer Wärmeleitfähigkeit-Messzelle gemessen. Dies mit zuverlässigen und reproduzierbaren Messergebnissen. Die Methan-Konzentration wird permanent als Prozentzahl auf dem Display angezeigt. Die implementierte Gasmischer-Steuerung nutzt das Ergebnis der Messung zur Korrektur der MFC. Über eine digitale Schnittstelle werden sämtliche Daten der Steuerung wie Gasdruck, Gasmenge, Gasgemischkonzentration an die zentrale Leitwarte des Betreibers übertragen.

Der Härteofen wird dadurch mit einer Atmosphäre mit einem gleichbleibenden Methan-Wert versorgt. ***Trotz schwankender Erdgas-Beschaffenheit, beträgt die Sollwert-Abweichung des gemessenen Methan-Wertes im Gasgemisch weniger als +/- 0,2 %.***

Beim Wechsel der zu härtenden Teile oder nach Produktionsunterbrechungen möchte der Betreiber den Ofen mit Stickstoff spülen. Dazu sind unterschiedliche Programme, wie Wochenend-, Spül-, Anfahrprogramme, in der Steuerung hinterlegt. Die Programme werden jeweils vom übergeordneten Leitsystem aufgerufen. Dazu wird - nach Abschaltung des Gasgemischs - ein möglicher maximaler Volumenstrom von 200 Nm³/h Stickstoff mit entsprechender Druckregelung in die Gasgemisch-Ausgangsleitung eingespeist.

Als weitere qualitätssteigernde Maßnahme wird der Wert der Sauerstoff-Sonde von der Steuerung des Gasmischers berücksichtigt. Sauerstoff-Eintrag kann durch Schleusenöffnungen, Leckagen, oder Transportmitrisse erfolgen. Da bei den beim Umwandlungshärten vorherrschenden Temperaturen, der im Methan enthaltene Wasserstoff den unerwünschten Sauerstoff zu Wasser oxidiert, kann mit einer Veränderung der Methan-Konzentration in der Schutzgasatmosphäre automatisch gegen den Sauerstoffanteil in der Schutzgasatmosphäre geregelt werden. Die Steuerung des Gasmischers ändert also automatisch den Methananteil im

Schutzgas um bis zu +/- 10% des vorgegebenen Sollwertes in Abhängigkeit vom aktuellen Sauerstoff-Sonden-Wert, um die Ofenatmosphäre weiter zu verbessern.

Der Einsatz dieses innovativen maßgeschneiderten Gasmischers, führte zu einer signifikanten Qualitätsverbesserung der zu härtenden Teile: **Ausschussquoten wurden von 5% auf 0% reduziert.**

Aufgrund der sehr positiven Ergebnisse am ersten Härteofen, wurden baugleiche LT Gasmischer für mehrere weitere Härteöfen am gleichen Standort beschafft und erfolgreich in Betrieb genommen.

2.4 Sicherheitstechnische Betrachtung

Der Gasmischer wurde zulässig und sicher ausgeführt. Druckschalter überwachen die Gasversorgung der Einzelgase. Über Stellungsrückmeldung der pneumatisch betriebenen Absperrventile im Brenngas- und im Spülgas-Strang ist der Betreiber jederzeit über den Status des Gasdurchflusses informiert. Selbstverständlich verhindern Armaturen in jedem Einzelgas-Strang den Gasrücktritt. Bei einer Überschreitung des zulässigen Grenzwerts erfolgen ein Alarm und die Absperrung der Erdgas-Zufuhr, so dass der Ofen mit Stickstoff sicher weiterbetrieben wird. Als zusätzliche Sicherheitsmaßnahmen wurde neben Durchlüftung des Gasmischer-schranks ebenfalls ein Gaswarnsensor installiert.

In der Praxis werden allerdings immer wieder unzulässige und gefährliche Ausführungen von sogenannten „Mischtafeln“ oder „Mischschränken“ angetroffen. Dies trotz einschlägiger Empfehlungen (z. B. Industriegaseverband IGV/EIGA: "Gasmisch-Systeme müssen von kompetenten Personen konstruiert und einer Risiko-Beurteilung (HAZOP) unterzogen werden, um sicherzustellen, dass die Systeme sicher und effektiv sind.") sowie trotz eindeutiger und geltender Normen und Regeln (z. B. DIN EN 746 Industrielle Thermoprozessanlagen, die BetrSichV mit §14, 15,16 Prüfung von Anlagen in explosionsgefährdeten Bereichen sowie die Technische Regeln Behälter "TRB", Rohrleitungen "TRR", Gase "TRG" und die Unfallverhütungsvorschriften DGUV 1, 3, R 500 Teil 2.23 und 113-001.).

Einige Beispiele für in der Praxis angetroffene unzulässiger und sicherheitstechnisch bedenklicher Ausführungen sind:

- Abschaltung im Zuzugsgas nur elektrisch gesteuert, ohne Überwachung des aktuell produzierten Gasgemisches
- Einsatz ex-geschützter Magnetventile im ex-Bereich nur im Brenngasstrang anstatt in allen Gassträngen
- Vermutlich aus Kostengründen: Einbau ungeschützter Stromversorgung im Ex-Bereich oder auch der Einsatz von ex-geschützten Magnetventilen, aber kein Transport dieser Signale über Trennschaltverstärker in den sicheren Bereich
- Verzicht auf eine Gaswarnanlage oder andere ATEX-Maßnahmen. Verzicht auf Gaswarnanlage bei nicht-brennbaren Gasen wie Cl, SO₂, CO₂
- Eine weitere immer wieder gerne genutzte – natürlich ebenso unzulässige – Einsparmaßnahme ist der Verzicht auf Gasrücktrittsicherungen. So kann sich dann das Brenngas, das ggfs. mit höherem Druck vorliegt, in die Trägergas-Leitung drücken und ein unerwünschtes Umfüllen erzeugen
- Druckstufensprünge ohne Absicherung, also Verzicht auf Sicherheitsventile
- Einsatz von Quetschverbindungen für nicht zugelassene Nennweiten.

Durch die Verwendung von Betriebsmitteln, welche für geforderte Nennweiten-, Druck- oder Temperaturbereiche, vorherrschende ex-Zone oder Gefährdungsbereich nicht geeignet sind, wird eine Schädigung des Betriebspersonals und der Sachwerte bewusst oder fahrlässig in Kauf genommen. Auch Unkenntnis kann fahrlässig sein. Der Hersteller der Anlage ist im Schadensfall in der Pflicht. Dies betrifft sowohl das Unternehmen, als auch die verantwortlichen Personen wie Geschäftsführer oder den technischen Leiter. Konsequenzen können Schadenersatzforderungen von Geschädigten sein, aber dies können auch empfindliche strafrechtliche Konsequenzen für die handelnden Personen sein, bis hin zu Haftstrafen wegen fahrlässiger Tötung. Auch ein Organisationsverschulden kann für die verantwortlichen Personen zu strafrechtlichen und zivilrechtlichen Konsequenzen führen.

Deswegen entscheiden sich immer mehr Thermoprozessanlagen-Hersteller für den Einsatz sicherer Gasmischer, die von kompetenten Personen konstruiert und gefertigt wurden.