

Einsatz einer mehrstufigen Entfeuchtung zur Prozessluftbereitung in der chemischen Industrie

Viele industrielle Prozesse benötigen für einen störungsfreien Betrieb die kontinuierliche Bereitstellung von Prozessluft mit sehr geringen Feuchtigkeitsanteilen. Für verschiedene Produktionen kann zudem keine Umluft genutzt werden, sondern die Bereitstellung der Prozessluft muss durch den Einsatz von Außenluft bzw. Frischluft erfolgen. Diese Frischluft kann in Abhängigkeit von der Wetterlage sehr hohe Feuchtigkeitsanteile enthalten.

Bei dem im Folgenden beschriebenen Fall, wurde in den Randbedingungen eine sehr hohe absolute Feuchte der Außenluft von 17 Gramm Wasser je Kilogramm trockener Luft vorgegeben. Die kontinuierlich zur Verfügung zu stellende Prozessluft musste eine maximale absolute Feuchte unterhalb 1,2 Gramm Wasser pro Kilogramm trockene Luft aufweisen.

Im Bereich der Industriellen Entfeuchtung haben sich im Wesentlichen zwei Verfahren zur Realisierung der gestellten Aufgaben etabliert. So wird in Abhängigkeit von der Problemstellung und den vorliegenden Randbedingungen die Entfeuchtung mittels mechanischer Kühlung oder mittels Sorption realisiert.

Bei der Entfeuchtung durch mechanische Kühlung wird der Umstand ausgenutzt, dass kalte Luft wesentlich weniger Wasser aufnehmen kann als warme Luft. Daher wird die zu entfeuchtende Luft mittels Direktverdampfer bis unterhalb des Taupunktes abgekühlt. Hierbei kommt es zu einer Abscheidung von Kondensat im Wärmetauscher und somit zur Entfeuchtung der Luft. Wird eine absolute Feuchte unterhalb vier Gramm Wasser je Kilogramm trockene Luft verlangt, resultieren hieraus sehr tiefe Verdampfungstemperaturen. Diese tiefen Verdampfungstemperaturen führen wiederum zu geringen Leistungszahlen der Verdichter und somit zu einem hohen Energieverbrauch. Zudem ist bei der Realisierung dieser geringen absoluten Feuchte, eine Vereisung des Direktverdampfers nicht zu vermeiden. Die durch die Vereisung entstehende Reifschicht muss in regelmäßigen Intervallen abgetaut werden. Das Abtauen kann durch Umluft, elektrische Heizstäbe oder mittels Heißgas erfolgen. Wird der Wärmetauscher abgetaut, steht dieser für den Entfeuchtungsprozess nicht zur Verfügung. Soll dann dennoch ein kontinuierlicher Entfeuchtungsbetrieb mittels mechanischer Kühlung realisiert werden, wird der anlagenseitige Aufwand sehr groß.

Bei den sorptiven Verfahren wird der Umstand genutzt, dass stark hygroskopische Stoffe mit sehr großer innerer Oberfläche bei Raumtemperatur erhebliche Mengen Wasser anlagern können. Dieses Wasser wird bei dem Adsorptionsvorgang der zu trocknenden Luft entzogen. Bei Temperaturen deutlich oberhalb der Raumtemperatur können diese Stoffe wesentlich weniger Wasser anlagern, diese Eigenschaft wird wiederum zur Regeneration des sorptiven Stoffes verwendet. Bei der Entfeuchtung mittels Sorption werden sogenannte Trocknungsräder eingesetzt. Die Trocknungsräder bestehen aus einer Trägermatrix, auf welche Silicagel als Sorptionsmittel aufgebracht ist. Ein Teil des Trocknungsrades wird von der zu entfeuchtenden Luft (Prozessluft) durchströmt und entzieht der Luft die Feuchtigkeit, der andere Teil des Rades wird von bis zu 140°C erwärmter Luft (Regenerationsluft) durchströmt und gibt die zuvor aufgenommene Feuchtigkeit an diese Regenerationsluft ab. Das regenerierte Radsegment gelangt durch die kontinuierliche Rotation wieder in die Prozessluft, so dass der Zyklus von neuem beginnt. Die Regenerationsluft wird bei dem Regenerationsvorgang abgekühlt, besitzt danach aber noch immer eine Temperatur deutlich oberhalb der Raumtemperatur. Durch eine WRG kann ein großer Teil dieser Wärme zur Vorerwärmung der Regenerationsluft genutzt werden. Die Nacherwärmung auf die benötigte Regenerationstemperatur kann durch Dampfheizregister, Elektroheizregister (bei kleinen Leistungen) oder eine Direktbefuerung erfolgen.

Die sorptiven Verfahren besitzen unter anderem den Vorteil, das sehr geringe absolute Feuchten bei kontinuierlichem Betrieb und gleichzeitig günstigem energetischen Aufwand realisiert werden können. Jedoch kann bei einer sehr hohen Außenluftfeuchte wie im vorliegenden Fall, der geforderte geringe Feuchteanteil in der Prozessluft durch ein sorptives Verfahren wirtschaftlich nicht in einer einzelnen Entfeuchtungsstufe erreicht werden. Andererseits resultiert bei dem ausschließlichen Einsatz einer Entfeuchtung mittels mechanischer Kühlung, durch die geforderte geringe absolute Feuchte, eine sehr tiefe Verdampfungstemperatur mit den damit weiter oben beschriebenen Nachteilen und Problemen.

Zur Lösung der Aufgabenstellung wurde die Entfeuchtungsanlage mehrstufig ausgeführt. Als erste Entfeuchtungsstufe wurde eine Vorentfeuchtung mittels mechanischer Kühlung durch einen Direktverdampfer realisiert. Die Abstimmung der Verdichter auf den Direktverdampfer erfolgte so, dass die Kälteanlage mit einer hohen Leistungszahl bei sicherer Vermeidung einer Vereisung des Wärmetauschers betrieben werden kann. Die Kälteanlage kann durch eine Leistungsregelung an unterschiedliche Außenluftbedingungen angepasst werden und so kontinuierlich vorentfeuchte Frischluft mit einer absoluten Feuchte von max. 7 Gramm pro Kilogramm trockener Luft bereitstellen.

In einer zweiten nachgeschalteten sorptiven Entfeuchtungsstufe, konnte dann die Feuchte der Prozessluft kontinuierlich und unabhängig von den Außenluftbedingungen auf weniger als 1,2 Gramm Wasser je Kilogramm trockener Luft reduziert werden. Durch den oben beschriebenen Einsatz einer Wärmerückgewinnung im Regenerationsluftstrom, wurde der notwendige Energieaufwand für die Bereitstellung der Regenerationsluft stark verringert.

Die sichere Einhaltung der Forderung, dass unter allen Bedingungen Prozessluft mit der oben genannten geringen absoluten Feuchte kontinuierlich zur Verfügung gestellt werden kann, stellt hohe Anforderungen an die Dichtigkeit der Anlage und an die Beachtung der Druckverhältnisse innerhalb der Anlage. Werden diese Punkte vernachlässigt, kann durch Beimischung von feuchter Fremdluft die Funktion der Anlage stark beeinträchtigt werden.

Die Firma Rox hat Entfeuchtungsanlagen im Bereich der Lebensmittelindustrie, der Schwimmbadentfeuchtung, der Gebäudetrocknung und der Chemieindustrie realisiert. Bei diesen Projekten bietet die Firma Rox ein komplettes Paket bestehend aus Regelung, Kälteanlage und allen weiteren gewünschten Luftbehandlungsfunktionen an. Es können projektspezifische Anpassungen hinsichtlich der Leistungen und Forderungen bezüglich Hygiene oder Ex-Ausführungen berücksichtigt werden. Durch die rahmenlose Konstruktion des Gerätegehäuses ist man frei in der Wahl der Gehäusematerialien. So kann das Gehäuse je nach Anforderung z.B. komplett aus V4A, AlMg3 oder anderen Materialien gefertigt werden.

Hermann-Josef Solbach
Dipl.-Ing., technische Abteilung,
Rox-Klimatechnik GmbH, Weitefeld