

des Elektronenstrahls nach Rechteckfunktionen läßt sich ein Hin- und Herspringen des Strahls zwischen zwei Näpfen erreichen. Damit können Legierungen aufgedampft werden, wobei aus jedem Napf eine Komponente verdampft wird.

Bedampfanlagen

Der Schwerpunkt der Weiterentwicklung bei den Bedampfanlagen von *Balzers AG*, Balzers/Liechtenstein und *Arthur Pfeiffer Hochvakuumtechnik GmbH*, Wetzlar, in einem aufeinander abgestimmten Programm liegt auf der vollauto-

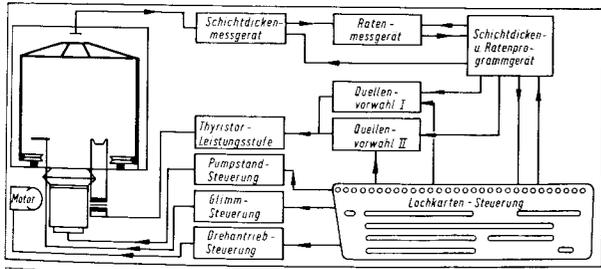


Abb. 5. Schema der Prozesssteueranlage Coat-O-Matic.

(Balzers AG, Balzers/Liechtenstein)

matischen Prozesssteuerung Coat-O-Matic, Abb. 5. Über eine Lochkarte wird die Folge der einzelnen Prozessschritte gesteuert. Die Coat-O-Matic ist aus einzelnen Steuermodulen aufgebaut, die leicht austauschbar sind und je nach Prozeß

und Verfahren entsprechend kombiniert werden können. Neben zylindrischen Rezipienten steht jetzt auch eine kubische Baureihe von 0,3 bis 1 m³ zur Verfügung. Ein dazu entwickeltes Plattenventil vergrößert den Ansaugquerschnitt, ohne daß die Einbaumöglichkeiten für die Zusatzeinrichtungen beeinträchtigt werden. Diese Konzeption verdreifacht etwa das Nettosaugvermögen herkömmlicher Anlagen.

Besondere Erwärmungsverfahren

Messer-Griesheim GmbH, Frankfurt/M., stellte ein verbessertes Lichtstrahlverfahren Micor vor. Das Licht einer Quarz-Halogen-Lampe wird von einem elliptischen Spiegel reflektiert und in einem Brennfleck konzentriert. Das Energie maximum liegt bei 1 µm und wird durch den vergoldeten elliptischen Spiegel zu 98% reflektiert. Die Erwärmung des Werkstoffs hängt von seinem Absorptionsvermögen ab, es können Temperaturen bis 1600 °C erreicht werden. Als Wärmequellen werden Punktstrahler mit 150 W und 1000 W bei Spiegel von 50 und 100 mm Dmr. sowie Bandstrahler von 1 bis 5 kW und Bandlängen von 125 mm bis 280 mm angeboten. Der Vorteil dieses Verfahrens ist die berührungslose Energieübertragung mit der Erzeugung eines Brennflecks auf dem Werkstück ohne Verwendung von Vakuumsystemen. Das Verfahren erreicht nicht die Leistungsdichten des Lasers oder Elektronenstrahls, aber es eignet sich gut zum örtlichen Erwärmen, Löten mit Weich- und Silber-Löten und zum Schmelzen, Verbinden von elektronischen Bauteilen mit infrarot-absorbierendem Glas. [B 3057]

Apparate für die Kältetechnik

Dr.-Ing. D. Gorenflo, Karlsruhe

Das Angebot der Firmen der Kälte-Industrie spiegelte deutlich die Tendenz wieder, die Planung von Gesamtanlagen und die Kundenberatung in den Vordergrund zu stellen und nicht durch eine möglichst reichhaltige Palette einzelner Ausstattungsstücke einen Querschnitt durch das Fertigungsprogramm zu geben. Insgesamt wurde das Angebot im Vergleich zu früheren Ausstellungen auch dadurch übersichtlicher, daß inzwischen zum Teil weitgehende Produktionsabsprachen zwischen einzelnen Firmengruppen stattgefunden haben und daß das Ausstellungsprogramm gegenseitig abgestimmt wird.

Auffallend war die wachsende industrielle Bedeutung der Tiefsttemperaturtechnik, was bei einigen Firmen bereits zur Entwicklung ganzer Baureihen von Helium-Verflüssigern geführt hat. Auch die in den letzten Jahren sprunghaft gestiegene Anwendung tiefsiedender Gase im flüssigen Zustand, neben Sauerstoff und Stickstoff vor allem Erdgas und die sog. Erdölgase, fand in den Ausstattungsstücken ihren Niederschlag.

Verdichter und komplette Kältesätze

Die vor zwei Jahren von mehreren Firmen neuentwickelten Kälte-Schraubenverdichter sind inzwischen in kompletten Baureihen erhältlich, die nicht nur das Grenzgebiet zwischen Kolben- und Turboverdichtern überdecken, sondern auch bis zu Kälteleistungen von einigen Geal/h reichen. Allen ge-

meinsam ist die unmittelbare Kopplung von Motor und Hauptrotor, ein vom Hauptrotor direkt angetriebener Nebenrotor, Öleinspritzung zur Schmierung, Abdichtung und Kühlung, einfache und wirtschaftliche Leistungsregelung bis zu sehr kleiner Teillast durch Verstellen eines Steuerschiebers an der Auslaßöffnung und entlasteter Anlauf durch automatisch eingestellte Mindestförderleistung beim Start.

Die *Gutehoffnungshütte Sterkrade AG*, Oberhausen-Sterkrade, baut Kälteschraubenverdichter der Typenreihe SKK in sechs Größen, deren Kälteleistung bei Verwendung des Kältemittels R 22 von 0,2 bis 4 Geal/h reicht (Verflüssigungstemperatur +25 °C, Verdampfungstemperatur -10 °C). Die Verdichter starten vollentlastet, da die wirksame Rotorlänge bei dieser Konstruktion gleich Null ist, wenn der Steuerschieber ganz geöffnet ist.

Sehr kompakte Schraubenverdichter-Einheiten liefert die *Alfa Laval Bergedorfer Eisenwerke GmbH*, Hamburg-Bergedorf. Die Einheiten bestehen aus dem Verdichter mit Motor, Schalttafel, Rohrbündel-Ölkühler und senkrecht stehendem Ölabscheider auf einem gemeinsamen Grundrahmen. Vorteilhaft erscheint die eingebaute Zahnrad-Ölpumpe, die beim Nebenrotor angeflanscht ist. Der Leistungsbereich der Verdichter, Baureihe SV, liegt zwischen 0,4 und 1,3 Geal/h (+25 °C/-10 °C, R 22).

Auf dem Sektor der kompletten Kältesätze hatte die *Sümak Süddeutsche Maschinen- und Metallwarenfabrik Wilhelm Weckerle KG*, Stuttgart-Zuffenhausen, u. a. einen Kaltwassersatz Typ KW 1205-2 mit einer Kälteleistung von

120 Mcal/h bei einer Wasserabkühlung von 12°C auf 6°C ausgestellt. Der mit zwei Hermetik-Verdichtern von je 50 PS Antriebsleistung ausgestattete Kaltwassersatz hat eine achtstufige Leistungsregelung zwischen 100 und 12,5% der Vollast. Der Kältesatz ist einer Baureihe entnommen, die Aggregate mit Kälteleistungen von 1 bis 500 Mcal/h umfaßt. Die anschließfertigen Flüssigkeits-Kühlsätze werden wahlweise mit offenen oder Hermetik-Verdichtern und mit wasser- oder luftgekühlten Verflüssigern geliefert.

Die Gruppe *Gebr. Sulzer AG/Escher Wyss GmbH*, Werk Lindau, Lindau/Bodensee, zeigte einen Wasser- und Solekühlsatz der Baureihe *Liquifrigor LQS 109*. Die Kältesätze werden für Kälteleistungen zwischen 4 und 500 Mcal/h gebaut, bei Kaltwasser-Austritts-Temperaturen zwischen 18°C und 4°C, bzw. Sole-Austritts-Temperaturen zwischen 0 und -24°C. Je nach Kälteleistung enthalten die Kältesätze bis zu vier Verdichter auf einem gemeinsamen Rahmen. Neben der bisherigen Ausführung mit wassergekühltem Verflüssiger ist neuerdings auch eine Ausführung mit separat aufgestelltem luftgekühltem Verflüssiger lieferbar.

Daneben war bei *Sulzer AG/Escher Wyss GmbH*, auch ein *Unitop-Turbo-Kaltwassersatz* mit einstufigem Überschallturboverdichter für das Kältemittel R 12 zu sehen. Der vor einigen Jahren entwickelte Turbosatz ist jetzt in einer Baureihe mit 12 Typen für Nenn-Kälteleistungen von 0,56 bis 1,12 Gcal/h vorhanden und wird als komplette Anlage mit Verdampfer und Verflüssiger auf gemeinsamen Rahmen werksseitig montiert geliefert. Besonders hervorzuheben ist die kompakte Bauweise (maximale Breite 1,04 m; Höhe 2,19 m) und der erschütterungsfreie und geräuscharme Lauf, der die Aufstellung nicht nur auf spezielle Maschinenräume beschränkt.

Dem allgemeinen Trend der Firmen aus der Kälteindustrie, die Anlagenplanungs- und -beratung anstelle der Ausstellung von Einzelstücken in den Vordergrund zu stellen, trug besonders die *Linde AG* auf ihren Ständen Rechnung. Die *Werksgruppe Sürth*, Sürth b. Köln, zeigte im Modell eine kombinierte Absorptions-Turbo-Kälteanlage, die vornehmlich dann sehr wirtschaftlich arbeitet, wenn in einem Werk Hochdruckdampf vorhanden ist. Zunächst treibt der Hochdruckdampf über eine Dampfturbine den Turboverdichter einer Kompressions-Kältemaschine an, und anschließend wird der entspannte Gegendruckdampf zur Beheizung des Austreibers einer Absorptions-Kältemaschine verwendet. Automatische Regelgeräte sorgen für eine Anpassung des Dampfdurchsatzes an den Kältebedarf durch Aufteilung der Kälteleistung auf die kombinierte Absorptions-Turbo-Kälteanlage. Die für eine Kälteleistung von 3,7 Gcal/h bei -10°C und zusätzlich 1,85 Gcal/h bei -15°C ausgelegte Anlage benötigt 1,6 kg Dampf/h je 1 Mcal/h der Gesamtkälteleistung.

Verflüssigung tiefsiedender Gase

Durch die in letzter Zeit rapide wachsende Anwendung tiefsiedender Gase in flüssiger Form gelangen ölfreie Verdichter zu erhöhter Bedeutung. *Sulzer/Escher-Wyss*, zeigten hierzu ein Schnittmodell des Trockenlauf-Verdichters *k 90/2 B*, der mit einer Drehzahl von 1000 U/min läuft und sowohl in einer Kompressions-Kälteanlage mit allen gängigen Kältemitteln, als auch in der Tieftemperaturtechnik und bei der Gasverflüssigung angewendet werden kann.

Die *Linde AG, Werksgruppe Sürth*, hatte einen zweistufigen, doppelwirkenden Trockenlauf-Verdichter *VK 85-2 P* in V-Bauart ausgestellt, der 200 m³/h Gas von 1 at auf maximal 15 at verdichtet, Abb. 1. Die Bauweise ist robust und un-

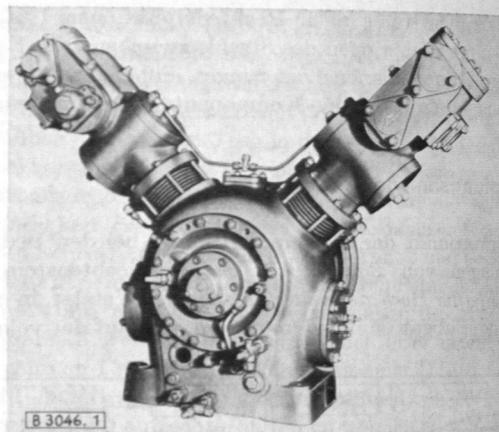


Abb. 1. Zweistufiger Trockenlauf-Kompressor *VK 85-2 P* mit druckfestem und gasdichtem Kurbelgehäuse zur ölfreien Verdichtung von Gasen und Kältemitteln von 1 at auf 15 at. Fördermenge 200 m³/h; Drehzahl 1000 U/min.

(*Linde AG, Werksgruppe Sürth*, Sürth b. Köln)

kompliziert und ermöglicht einen weitgehenden Massenausgleich, woraus sich eine einfache Aufstellung und ein schwingungsfreier Lauf ergeben. Verdichter dieser Bauart werden von *Linde* u. a. für die Anwendung auf Flüssiggas-Tankschiffen zur Verdichtung verschiedener Gase, z. B. auch Butadien und Vinylchlorid, empfohlen.

Daneben war bei der *Linde AG* eine senkrecht stehende, einstufige Radialpumpe in hermetisch gekapselter Bauweise zur Förderung tiefkalter Flüssigkeiten, wie z. B. Sauerstoff, Stickstoff und Kohlenwasserstoffe, zu sehen. Der Vorteil dieser Bauart besteht bekanntlich darin, daß keinerlei Dichtprobleme auftreten. Die ausgestellte Maschine arbeitet mit 3000 U/min und wurde für eine Fördermenge von 70 m³/h Flüssig-Stickstoff und eine Förderhöhe von 21 m Stickstoff-Säule ausgelegt.

Ein umfangreiches Programm an Kreiselpumpen für flüssig-Gase zeigte die *Cryostar AG*, Pratteln/Schweiz. Die Kreiselpumpen laufen in der Regel hochohrtig und sind entweder mit einem Hochfrequenz-Motor oder mit einem Drehstrommotor und zusätzlichem Getriebe ausgerüstet. Die Förderhöhen reichen bis 500 m Flüssigkeitssäule und die Mengenströme bis 120 m³/h. Diese Grenzen sollen in naher Zukunft zu noch höheren Werten verschoben werden, insbesondere für leichte Kohlenwasserstoffe.

Tieftemperaturtechnik

Von der *Linde AG, Werksgruppe München*, Hölriegelskreuth, wurde eine neue Luftzerlegungsanlage im Bild vorgeführt, die bei sehr geringem Aufwand an Energie und Kühlwasser niedrigprozentigen Sauerstoff gewinnt. Die erste Anlage dieser Art wird stündlich 70 000 Nm³ 60proz. Sauerstoff für metallurgische Zwecke und für Verbrennungsprozesse und entsprechend große Mengen Stickstoff in beliebiger Reinheit mit 3 at Abgabedruck erzeugen.

Aus der Helium-Verflüssigungs- und -Kälte-Anlage *VRK* der *Linde AG* wurde eine neue Baureihe mit vier Typen entwickelt, die Verflüssigungsleistungen zwischen 4 und 50 l/h Flüssig-Helium oder Kälteleistungen zwischen 15 und 180 W bei 4,5 K aufweisen. Die nach dem Baukastensystem konstruierte Anlage ist mit vollautomatischer Helium-Reinigung ausgerüstet und verwendet ein Zweikreis-Verfahren mit einem abgeschlossenen Helium-Kreis zur Kälteerzeugung und einem offenen zur Helium-Verflüssigung.

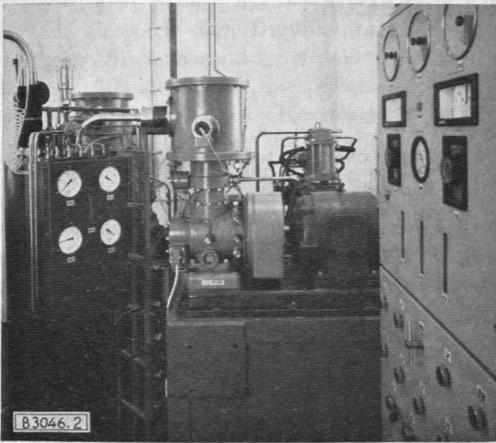


Abb. 2. Helium-Verflüssiger PLHe-210, bestehend aus zwei zwei-stufigen Tiefsttemperatur-Cryogeneratoren, Modell A 20, einem vakuumisolierten Cryostaten, einem Helium-Rollmembrankompressor, einer Öldiffusionspumpe und dem Instrumentenschrank. (Philips Elektronik Industrie GmbH, Hamburg)

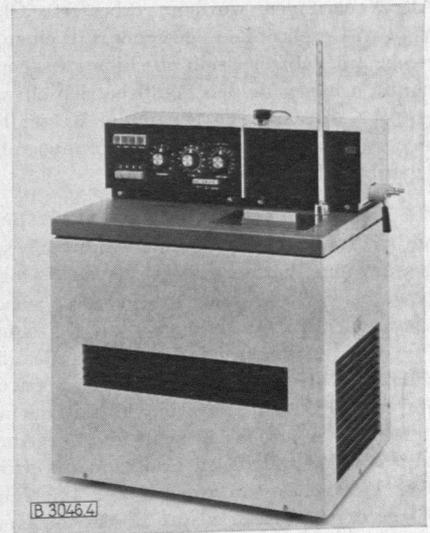
Maschinen sind so eingestellt, daß Eis produziert wird, das nur geringfügig unterkühlt ist. Dies soll für die Lagerung in nicht gekühlten Silos von Vorteil sein, weil das Einbringen von feuchtem, nicht unterkühltem Eis nach Angaben der Firma ein Zusammenbacken der Eisflocken verhindert.

Einen interessanten Scherbeneis-Automaten führte die *Maja-Maschinenfabrik Hermann Schill KG*, Goldscheuer/Baden, im Betrieb vor, Abb. 3. Die Maschine arbeitet mit einer sich langsam drehenden, horizontalen Gefrierwalze, die von innen gekühlt wird und die in die zu gefrierende Flüssigkeit eintaucht. Die angefrorene Schicht läßt sich auf einfache Weise und ohne mechanische Beanspruchung der Walzenoberfläche von der Walze lösen. Das Lieferprogramm reicht in zwei Bau-reihen von Maschinen für den Laborbedarf mit 80 kg Eis als Tagesleistung bis zu Einheiten mit 10 t Tagesleistung. Zu den großen Maschinen sind doppelwandige Edelstahl-Silos erhältlich, während die kleinen Maschinen mit glasfaserverstärkten Polyester-Silos ausgerüstet werden, Abb. 3. Die Kühlung der Silos wird durch das Eis selbst bewirkt, das mit einer Temperatur um etwa -20°C völlig trocken eingebracht wird.



Abb. 3 (links). Maja-Scherbeneis-Automat, Typ SA 1200, mit einer Eiszerzeugung von 1200 kg/24 h. (Maja-Maschinenfabrik Hermann Schill KG, Goldscheuer)

Abb. 4 (rechts). Lauda-Kälte-Kleinthermostat TUK 30 Elektronik, mit 10 l Badinhalt für den Temperaturbereich -30 bis $+100^{\circ}\text{C}$. Temperatureinstell- und -regelgenauigkeit $\pm 0,01$ grad. (Meßgerätewerk Lauda Dr. R. Wobser KG, Lauda)



Die *Philips Elektronik Industrie GmbH*, Hamburg, hatte u. a. einen Helium-Verflüssiger PL He-210 ausgestellt, Abb. 2. Die in kompakter Form gebaute Anlage arbeitet nach dem Philips-Stirling-Verfahren und leistet 10 l/h flüssiges Helium bei einer Gesamt-Antriebsleistung von 28 kW. Als neue Zusatz-einheit zu dieser Anlage wurde ein sog. Vortex-Kühler im Bild gezeigt, mit dessen Hilfe Temperaturen bis 0,7 K erreicht werden. Die Kälteleistung wird dabei einerseits durch Abpumpen des Helium-Dampfes und andererseits durch die Trennung von supraflüssigem und normalflüssigem Helium an zwei Filtern erzielt.

Als Weiterentwicklung der Miniatur-Cryogeneratoren von *Philips* zu noch kleineren Einheiten wird zur Zeit eine Maschine erprobt, die bei 77 K eine Kälteleistung von 0,5 W besitzt und die für Temperaturen bis zu 30 K ausgelegt ist. Das Gewicht der Maschine beträgt nur 0,6 kg, einschließlich des Antriebsmotors, der Stromzuführung und sämtlichen Zubehörs.

Eiszerzeugung

Flockeneisautomaten für Tagesleistungen zwischen 125 und 2200 kg Eis waren von der *Interkontinentale Ziegler Handels-GmbH & Co*, Hannover, ausgestellt. Die Kälteaggregate der

Laborkälte

Das *Messgerätewerk Lauda Dr. R. Wobser KG*, Lauda, zeigte u. a. Kälte-Kleinthermostate verschiedener Typen mit einem Badinhalt zwischen 3 und 13 l für den Temperaturbereich -30 bis $+150^{\circ}\text{C}$, Abb. 4. Die Thermostate werden durch vollhermetische Kältemaschinen gekühlt und sind mit einer Triac-Steuerung zur stufenlosen Regelung der Heizleistung ausgerüstet. Mit zusätzlichem Platin-Widerstandsthermometer wird eine Einstell- und Regelgenauigkeit der Badtemperatur von $\pm 0,01$ grad erreicht.

Aus dem Programm der Klimatestkammern war auf dem Stand der *Ernst Vötsch Kälte- und Klimatechnik KG*, Frommern/Württ., eine Anlage mit 250 l Nutzrauminhalt zu sehen. Sie enthält in die Innenwand eingepreßte Verdampferschlangen, durch die praktisch die gesamte Wandfläche zur Kühlung ausgenutzt wird. Zu der Kammer wird serienmäßig ein Alarmsystem mitgeliefert, das bei Ausfall der Kälteanlage CO_2 aus einer Vorratsflasche über ein Magnetventil in den Verdampfer drückt und die Kammer für 72 h mit Kühlung versorgt. In der für einen Temperaturbereich von -90°C bis $+100^{\circ}\text{C}$ erhältlichen Kammer können mittels des CO_2 -Systems auch Schocktests bis -60°C ausgeführt werden. [B 3046]