

## Quel four pour quelle application ?



Four chambre N 300/G à refroidissement contrôlé

### Détente/refroidissement du verre

Lors du façonnage des composants en verre, il se produit des contraintes mécaniques. Dans le cas du verre sodocalcique ou borosilicaté, ces contraintes peuvent être réduites par un refroidissement lent et défini dans une plage de température comprise entre 600 °C et 400 °C. La plage de température pertinente et la durée du processus de refroidissement dépendent du type spécifique de verre et de la géométrie des composants. C'est là que Nabertherm propose différentes solutions pour le refroidissement approprié du verre. Dans de nombreux ateliers, par exemple dans la fabrication de machines, les fours chambre robustes à isolation en briques (modèles N ../G voir page 28) représentent une solution établie depuis de nombreuses années. Tous les programmeurs standard offrent déjà la possibilité de spécifier les temps de refroidissement comme un temps défini ou un gradient de refroidissement, permettant ainsi un refroidissement lent et défini. Si le four se refroidit plus rapidement que la vitesse préparamétrée, le programmeur commence automatiquement à chauffer pour empêcher la température de chuter trop rapidement.

Les fours à convection forcée sont particulièrement adaptés au refroidissement du verre technique, des fibres de verre ou des composants optiques, pour lesquels une homogénéité et une gestion de la température particulièrement favorable sont importants (voir page 18). Indépendamment de sa famille, le four peut être adapté individuellement aux besoins du client grâce à une vaste gamme d'options.



Four chambre à convection forcée NAT 30/85 comme modèle pour paillasse

### Stérilisation de la verrerie de laboratoire

La stérilisation de la verrerie et des récipients de laboratoire est une tâche complexe mais indispensable à de nombreux procédés analytiques et méthodes de mesure. Les récipients en verre sont généralement nettoyés par voie mécanique et chimique compliquée. L'une des dernières étapes consiste souvent à chauffer les verres à 400 °C - 600 °C pendant plusieurs heures afin d'éliminer les résidus organiques. Les fours chambre à isolation briques (modèles N ../G voir page 28) ou les fours à convection forcée (voir page 18) sont particulièrement adaptés à ces processus. Des options, telles que les chariots de chargement à clayettes permettent de placer les composants en verre sur plusieurs niveaux dans le four.

### Trempe du verre de quartz

Il se produit également des contraintes mécaniques lors de la fabrication du verre de quartz. Lors de la trempe du verre de quartz, le verre est traité thermiquement pour réduire les contraintes. Le verre de quartz est chauffé à une température suffisamment élevée de 1000 °C - 1200 °C et recuit pendant un certain temps. Nabertherm propose de nombreux systèmes standard ou personnalisés pour la trempe du verre de quartz. Les fours chambre à isolation briques (modèles N ../G voir page 28) sont adaptés aux pièces de taille moins importantes. Pour les composants lourds et de grande taille qui doivent être chargés par une grue ou un chariot élévateur, il est recommandé d'utiliser des fours verticaux (voir page 48), des fours à sole mobile (voir page 50) ou des fours cloche (voir page 52). Des systèmes de refroidissement haute performance en option ou une isolation adaptée en matériau fibreux spécial à faible masse thermique permettent de réaliser des cycles rapides.



Fours à sole mobile W 7500

### Séchage et recuit des revêtements

Un revêtement est souvent appliqué afin de protéger ou d'affiner la surface du verre ou de lui conférer des propriétés particulières. Les applications typiques sont le verre imprimé ou peint, les revêtements de métaux précieux ou d'autres revêtements protecteurs. Grâce à un échange d'air continu et à une convection forcée, les chambres de chauffage (voir page 10), les étuves (voir page 12) ou les fours chambre (voir page 14) conviennent parfaitement aux processus de séchage et de recuit jusqu'à 360 °C. Pour les applications dans lesquelles des solvants inflammables sont libérés, les fours peuvent être équipés d'une technologie de sécurité appropriée conformément à la norme EN 1539. Si le revêtement doit être non seulement séché mais aussi recuit, des températures plus élevées sont nécessaires. Les fours chambre à isolation briques à chauffage par rayonnement IR (voir page 28) ou les fours à convection forcée pour les plages de température plus élevées (voir page 20) sont particulièrement adaptés à ces tâches. Grâce à de nombreuses options, telles que des chariots de chargement à clayettes pour fours chambre ou clayettes pour fours à convection forcée, les fours peuvent être adaptés aux besoins individuels.



Étuve KTR 1500

### Fusing

Le fusing du verre est une application au cours de laquelle différents morceaux de verre sont fusionnés. Les températures d'application typiques sont comprises entre 700 °C et 900 °C. La fusion de plaques de verre unicolores ou multicolores ou de petits morceaux de verre concassés (poudres et granulés) pour former une plaque de verre ne sont que quelques exemples. Pour les artistes verriers professionnels, Nabertherm propose des fours fusing de différentes tailles et conceptions (voir page 30). Pour augmenter le débit en usage commercial, les fours sont également disponibles avec un système de changement de table. Il est possible de changer les tables avant même qu'elles n'aient complètement refroidi. Une table libre peut déjà être chargée alors que l'autre est encore dans le four. Ceci permet de réduire considérablement les temps de cycle (voir page 34).



Four fusing GF 240

### Pliage et bombage

Lors du pliage et bombage, les plaques de verre sont chauffées jusqu'au point où des objets en verre sont créés par pliage et cintrage dans une forme appropriée. Il s'agit par exemple de panneaux d'affichage bombés, de meubles en verre, de cabines de douche, de bols ou d'autres objets en verre. Nabertherm propose des solutions de fours pour le pliage et le bombage de formes de verre complexes avec des fours bassin pour la fusion du verre (voir page 36) et des fours cloche (voir page 38). Les fours sont chauffés sur plusieurs faces et se caractérisent par une bonne homogénéité de température. Le système est modulaire et peut être complété par d'autres bassins/tables et adapté au processus du client.



Four bassin pour la fusion du verre  
WG 2200



Four haute température LHT 01/17 D

### Fusion de petits échantillons

Pour la production de verre à partir de matières premières en laboratoire, des températures très élevées, jusqu'à 1700 °C, sont nécessaires pour que les différents matériaux fondent et s'agglomèrent. Nabertherm propose différentes solutions pour la fusion de petites quantités d'échantillons dans des creusets fournis par le client. Dans les fours haute température compacts, conçu comme modèle de paillasse (voir page 56), de petits creusets peuvent être intégrés et chauffés jusqu'à 1700 °C. Si le four est équipé d'une sole élévatrice motorisée (voir page 57), le chargement du four est nettement simplifié.



Four chambre N 7/H comme modèle de paillasse

### Préchauffage des moules et outils

Dans la production de verre, il est souvent nécessaire de préchauffer des moules ou des outils métalliques afin que le verre ne se solidifie pas trop rapidement ou que le choc thermique soit le plus faible possible. Les fours chambre avec chauffage par rayonnement (voir page 42) ou les fours chambre à convection forcée (voir page 20) sont parfaitement adaptés au préchauffage des composants. Les fours sont équipés d'une porte guillotine ou d'une porte parallèles pour l'ouverture à chaud. À l'ouverture, le côté chaud de la porte s'écarte de l'utilisateur, ce qui facilite le travail.



Four Tubulaire RSH 80/500/13 avec tube étanche au gaz et brides refroidies à l'eau

### Systèmes de production pour fibres de verre

La production de fibres de verre est très sophistiquée du point de vue technique et nécessite de nombreuses étapes de traitement thermique. La matière première, elle-même, la poudre/le granulat de verre, est généralement chauffée dans une atmosphère spéciale pour la purifier. D'autres procédés comprennent le frittage ou le dégazage des préformes. En raison de leur géométrie linéaire, de leur conception flexible pour les atmosphères diverses et de la possibilité de contrôler très précisément les gradients de température locaux, les fours tubulaires personnalisés sont souvent utilisés pour la production de fibres de verre. Les spécifications des systèmes de fours sont conçues en fonction des besoins individuels des clients en matière de température, de taille et d'interfaces avec des systèmes de niveau supérieur ou d'autres sous-systèmes. Un aperçu des fours tubulaires de base et des nombreuses options est présenté à la page 76.



Fours à bain de sel TS 4/50

### Trempe chimique des verres

La trempe chimique est un procédé utilisé pour solidifier les verres très fins. Le four à bain de sel TS ./ 50 (voir page 71) est spécialement conçu pour la trempe chimique du verre en laboratoire. Il dispose d'une chambre de préchauffage au-dessus du bain de sel, qui est également utilisée pour le refroidissement ménageant des verres après le traitement thermique.

Groupe de fours	Modèle	Séchage et cuisson des revêtements	Préchauffage des moules et outils	Stérilisation	Détentionnement/refroidissement	Fusing	Pliage et bombage	Attreppe du verre de quartz	Fusion de petits échantillons	Recherche et développement	Production de fibres de verre	Trempe chimique
<b>Chambres de chauffage et étuves de séchage jusqu'à 300 °C</b>												
Chambres de chauffage, page 10	WK	●										
Étuves, page 12	TR	●										
Étuves de séchage, page 14	KTR	●	●									
<b>Fours à convection forcée et fours chambre jusqu'à 900 °C</b>												
Fours chambre à convection forcée, page 20	NA, N .. HA	●	●	●	●							
Fours sole mobile à convection forcée, page 26	W .. A	●	●		●							
Fours chambre à isolation briques, page 28	N ../G	●		●	●							
<b>Fours fusing, fours de pliage et systèmes de bombage jusqu'à 950 °C</b>												
Fours fusing avec table fixe, page 32	GF					●						
Fours fusing avec table ou bassin mobile, page 34	GFM					●						
Fours bassin avec chauffage par résistances électrique, page 36	GW						●					
Fours cloche avec sole et chauffage par résistances électrique, page 38	HW				●		●					
<b>Fours chambre, à couvercle, mobiles et cloche jusqu'à 1400 °C</b>												
Fours chambres pour le préchauffage des moules et des outils, page 42	N ../HS		●									
Fours chambre à isolation brique ou isolation en fibre, page 44	LH, LF		●					●				
Fours chambre chauffage par résistances électrique, page 46	N, N ../H, N ../14							●				
Fours à couvercle, page 48	S							●				
Fours à sole mobile chauffage par résistances électrique, page 50	W, W ../H, W ../14							●				
Fours cloche et fours à sole élévatrice chauffage par résistance électrique, page 52	H .. LB/LT							●				
<b>Fours haute température jusqu'à 1800 °C</b>												
Four haute température modèle pour paillasse, page 56	LHT, LHT .. LB								●			
Fours haute température avec chauffage MoSi <sub>2</sub> et isolation en fibres, page 58	HT								●			
Fours haute température avec chauffage à barreaux (SiC) jusqu'à 1550 °C, page 60	HTC									●		
Fours haute température avec chauffage MoSi <sub>2</sub> et isolation en briques réfractaires légères jusqu'à 1700 °C, page 61	HFL								●			
Fours cloche et fours à sole élévatrice avec chauffage MoSi <sub>2</sub> , page 62	HT .. LB/LT									●		
<b>Fours pour applications spéciales</b>												
Fours pour processus à déroulement continu, Page 68	D	●										
Fours à bain de sel, page 71	TS											●
Fours moufle étanche à paroi chaude, page 72	NR, NRA									●		
Fours tubulaires, page 76										●	●	