

Verformung von Thermoplasten
Firmenschrift von 1965

Dynamit Nobel

**Verformung
von
Thermoplasten**

**Dynamit Nobel Aktiengesellschaft
Verkauf Kunststoffe
521 Troisdorf Bez. Köln**

Inhaltsübersicht

- A) Werkstoffe**
- B) Allgemeines**
- C) Formverfahren**
 - 1. Biegen und Abkanten**
 - 2. Prägen**
 - 3. Ziehen**
 - 4. Formstanzen**
 - 5. Blasen**
 - 6. Vakuumformen**
 - a) Allgemeines über die Vakuumformung
 - b) Verschiedene Formverfahren
 - c) Maschinen für die Vakuumformung
 - d) Formen
- D) Nachbearbeitung der geformten Teile**

A) Werkstoffe

Die folgenden thermoplastischen Halbzeuge unseres Hauses werden spanlos geformt. Wir liefern in Form von Tafeln und Folien:

Astralon® T

Astralit® T, U und C

Astratherm®

Astradur® A, AV T und U

Astracet®

Trolitul® ST

Trolen® H

Tronal®

Trovidur®

Trovitherm® und Trovitherm® C und T

Trovilon® T und LB

B) Allgemeines

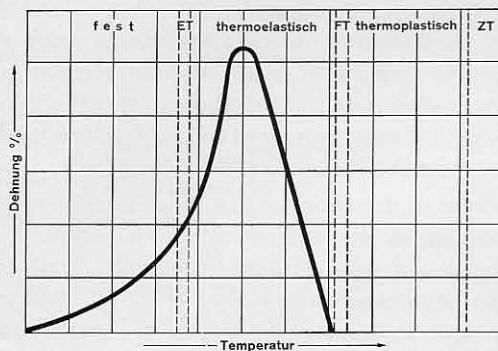
Thermoplastische Kunststoffe sollen warm geformt werden.

Je nach seiner Eigentemperatur geht ein thermoplastischer Kunststoff in verschiedene Zustandsformen über. In manchen Temperaturbereichen besitzt der Kunststoff neuartige physikalische Eigenschaften, die von den meisten der gebräuchlichen Werkstoffe abweichen.

Im festen Zustand, etwa vergleichbar mit Horn oder Holz, kann man sägen, bohren, fräsen, drehen, usw. Eine Temperaturerhöhung führt dann zunächst in den Erweichungstemperaturbereich, in dem sich vorteilhaft Stanzarbeiten ausführen lassen. Dieser Bereich ist sehr klein.

Bei weiterem Temperaturanstieg folgt der thermoelastische Bereich, in dem die thermoplastischen Kunststoffe gummiartig elastisch, dehnbar und formbar werden. Dieser Bereich ist allein maßgebend für die Verformung von Thermoplasten. Anfangs verbessert sich die Dehnfähigkeit erheblich, um sich bei weiter steigenden Temperaturen nach Erreichung eines Höchstwertes wieder zu verschlechtern. In diesem Stadium beginnt das Material bei größeren Verformungen und hohen Zugspannungen zu reißen.

Mit steigender Temperatur gelangt das Material dann über den kurzen Fließtemperaturbereich in den thermoplastischen Bereich, in dem der Zusammenhalt des Materials immer geringer wird und der beim Schweißen und Spritzen eine Rolle spielt.



ET – Erweichungstemperaturbereich (Einfriertemperaturbereich)
FT – Fließtemperaturbereich
ZT – Zersetzungstemperaturbereich

Darauf folgt in den meisten Fällen der Zersetzungstemperaturbereich, der den Kettenabbau des Materials einleitet.

Alle Übergänge vollziehen sich allmählich und sind äußerlich nicht scharf voneinander abgrenzbar.

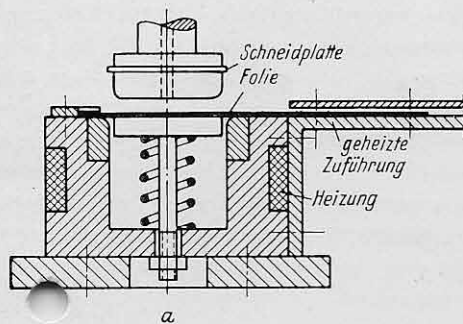
Bei den meisten Verformungsverfahren wird die Oberfläche des thermoplastischen Halbzeuges vergrößert und dadurch gleichzeitig die Materialdicke verringert. Dies ist für die Standfestigkeit des Formteiles von Bedeutung. Wichtig ist dabei die Erzielung einer möglichst gleichmäßigen Wanddicke. Um sich bei schwierigeren Verformungen ein Bild über die Zonen größter Verstreckung machen zu können, kann man vorher auf dem Halbzeug ein Netz paralleler Linien aufbringen, dessen Verzerrung nach der Verformung gemessen wird.

Bei der Bemessung der Zuschnitte ist darauf zu achten, daß die Werkstoffe — wenn sie nicht in einem Rahmen fest eingespannt sind — bei der Warmbehandlung in Längs- und Querrichtung schrumpfen. Dafür nimmt die Dicke entsprechend zu. Die Schrumpfung beträgt je nach Art des Werkstoffes 1 bis 3 %.

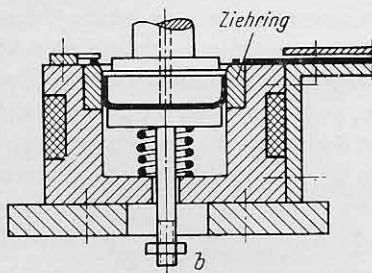
Die Verformungstemperaturen, die beim Warmformverfahren angewendet werden, richten sich nach dem Halbzeugtyp und dem erstrebten Verformungsgrad. Sie liegen etwa zwischen 90° C und 140° C. Größere Verformungen sollen möglichst im unteren Temperaturbereich ausgeführt werden. Artikel, die höheren Gebrauchstemperaturen — je nach Materialtyp verschieden — standhalten sollen, werden zweckmäßig im oberen Temperaturbereich erzeugt.

Die thermoplastischen Kunststoffe haben ein verhältnismäßig geringes Wärmeleitvermögen. Es ist deshalb erforderlich, daß die Erwärmung besonders sorgfältig vorgenommen wird. Der Werkstoff darf nicht zu schnell erhitzt werden, da sonst die Oberfläche schon verbrannt werden könnte, bevor das Innere des Materials genügend durchwärmt ist. Blasen, Schuppen oder Dunkelfärbung an der Oberfläche sind sichere Anzeichen für eine Überhitzung, die das Material schwächt. Zur Erwärmung der Werkzeuge kann sowohl heißes Wasser und Dampf, als auch Gas und elektrischer Strom verwandt werden. Beheizung mit Heißwasser oder Dampf hat den Vorzug, daß der Formling durch Umschaltung auf Kühlwasser rasch und einfach bis

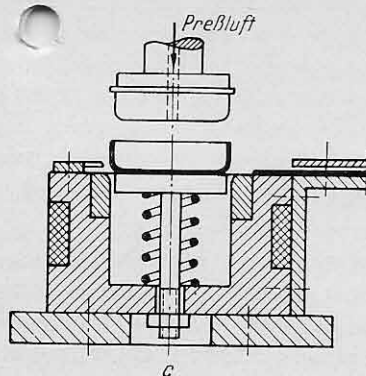
Bild 1. Ziehverfahren für Folien



a Einschieben des vorgewärmten Zuschnittes



b Ziehen und Abschneiden des überstehenden Randes



c Auswerfen und Abblasen des Ziehtelles vom Stempel

unter den Erweichungstemperaturbereich (Einfrier-temperaturbereich) abgekühlt werden kann.

Die Erwärmung der Werkstoffe kann auf verschiedene Weise erfolgen.

Bei Erwärmung mit heißer Luft soll möglichst ein Wärmeschrank mit Umluftheizung benutzt werden.

Sind nur kleinere Zonen zu verformen, so kann die Erwärmung durch einen auf diese Zonen gerichteten Heißluftstrom erfolgen.

Die Strahlungsheizung mit Infrarotstrahlern wird wegen ihrer Vorteile häufig angewandt. Strahlungsintensität und Strahlerabstand vom Werkstoff sind so wählen, daß eine Überhitzung der Oberfläche vermieden wird.

Mittels elektrobeheizter Metallplatten kann eine Kontakterwärmung vorgenommen werden. Erwärmte Flüssigkeiten werden nur noch selten als Wärmeüberträger verwandt.

In besonderen Fällen, in denen die Verwendung einer offenen Flamme nicht zu umgehen ist, muß darauf geachtet werden, daß man mit der — weichen, leuchtenden — Flamme nicht zu nahe an den Werkstoff kommt und die Flamme ständig an der zu erwärmenden Zone hin und her bewegt. Dies ist wegen der Gefahr des Überhitzens notwendig, wodurch örtliche Spannungen und Zersetzung des Werkstoffes hervorgerufen werden.

Richtig durchwärmt ist der Werkstoff, wenn er weich und lappig geworden ist. Die für die Erwärmung erforderliche Zeit nimmt mit der Wanddicke zu. Unter allen Umständen muß vermieden werden, daß die Materialien stunden- bzw. tagelang erwärmt werden. Die Formung soll ohne Unterbrechung durchgeführt werden. Da geformte Teile in der Wärme ein starkes Rückstellstreben haben, müssen diese bis zur Abkühlung auf die sogenannte Einfrieretemperatur (ca. 40 bis 60° C je nach Werkstoff) in der Form bleiben. Aus demselben Grunde dürfen geformte Teile keinesfalls Temperaturen von 65 bis 70° C und darüber ausgesetzt werden. Das Erstarren kann durch Abkühlung mit Preßluft oder Wasser beschleunigt werden.

Als Grundregel gilt: je kürzer die Zeit vom Beginn der Verformung bis zur Abkühlung, desto höher die Qualität des Formlings. Lediglich bei Trolen H soll die Abkühlung langsam durchgeführt werden.

Bild 2. Ausreichende Abrundungen an Ziehteilen verhindern ein Einreißen beim Ziehen

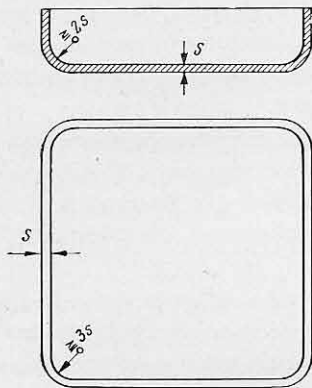
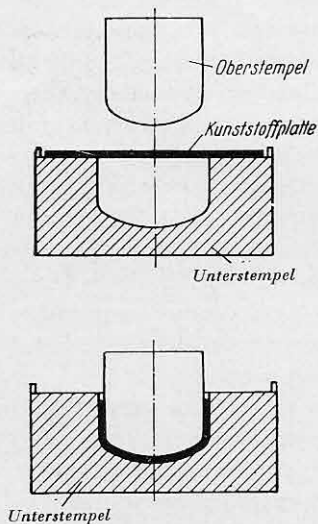


Bild 3. Formstanzen von Platten ohne Niederhalter



C) Formverfahren

1. Biegen und Abkanten

Für das Biegen und Abkanten muß die zu erwärmende Zone mindestens sechsmal so breit sein wie die Plattendicke, während der Biegeradius gleich der doppelten Plattendicke oder größer sein soll (nur ausnahmsweise gleich der einfachen Plattendicke). Die Biegeachse ist senkrecht zur Tafel- bzw. Rollenlänge zu wählen. Das Biegen und Abkanten wird ähnlich wie bei der Blechbearbeitung mittels einer Biegeschablone oder Abkantvorrichtung vorgenommen. Das gebogene oder abgekantete Werkstück muß so lange in der Schablone oder Abkantvorrichtung bleiben, bis es vollkommen erstarrt ist.

2. Prägen

Zahlen, Buchstaben, Schriftzeichen oder ähnliches werden mit den gleichen Werkzeugen geprägt, die in der Blechverarbeitung sowie der Kartonagen- und Lederindustrie üblich sind. Dazu können die Folien oder Platten nach einem unter B genannten Verfahren erwärmt werden. Die erforderliche Temperatur ist bei den einzelnen Werkstoffen verschieden und liegt bei etwa 65 bis 80° C. Außerdem besteht die Möglichkeit, die kalten Folien oder Platten mit einem Prägestempel, der auf 75 bis 90° C — je nach Materialart — erwärmt ist, zu prägen.

3. Ziehen

Folien können mit einem Ziehwerkzeug auf allen üblichen Pressen gezogen werden (Bild 1 a, b, c). Der Werkstoff wird nur auf eine Temperatur von etwa 50 bis 70° C erwärmt, bei der die notwendige Dehnfähigkeit erreicht ist. Die Temperatur des Ziehringes soll 70 bis 90° C betragen. Beim Ziehen erwärmt sich der Werkstoff weiter auf die für die Verformung günstige Temperatur. Der Ziehspalt ist um 20 bis 25% kleiner als die Dicke des Werkstoffes zu halten. Am Ziehteil sind genügend große Abrundungen vorzusehen, damit ein Einreißen beim Ziehen vermieden wird (Bild 2).

4. Formstanzen

Das Formstanzen (Bild 3 bis 5) wird unter der Presse durchgeführt, wobei gewöhnlich die Formen aus Matrize und Patrize bestehen. Für kleine Stückzahlen verwendet man Formen aus Schichtpreßholz **Lignofol**® während für größere Serien meist Stahlformen eingesetzt werden. Der Werkstoff wird je nach Typ etwa

Bild 4. Formstanzen von Platten mit Niederhalter

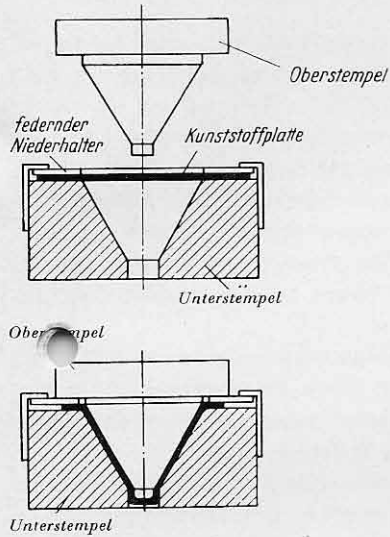
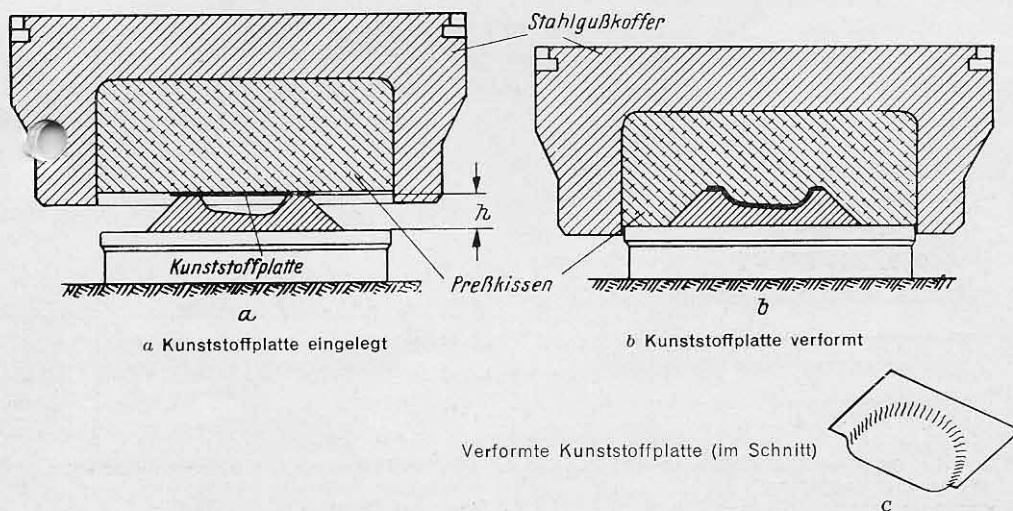


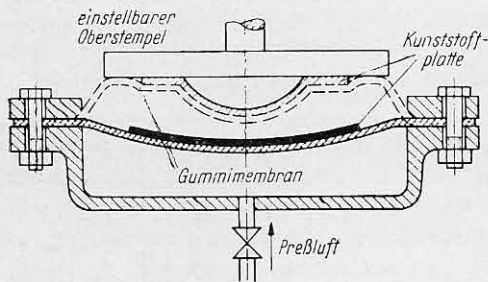
Bild 5. Formstanzen von Platten mit Preßkissen aus Weichgummi oder aus weichem, elastischem Kunststoff



auf 100 bis 130° C, am vorteilhaftesten im Wärmeschrank mit Umluft, erwärmt. Es ist notwendig, daß der erwärmte Zuschnitt nach dem Einlegen sofort verformt wird, da anderenfalls der Werkstoff abkühlt und keine ausreichende Plastizität mehr besitzt. Das Werkstück muß in der Form abgekühlt werden. Um Faltenbildung zu vermeiden, wird die Verwendung von Niederhaltern empfohlen.

Verschiedentlich wird zum Formstanzen auch das Gummipreßverfahren angewendet. Hierbei besteht das Gegenwerkzeug (Werkzeugober- bzw. -unterteil) aus einem Preßkissen aus z. B. 30 mm dicken Gummiplatten oder auch aus weichem, elastischem Kunststoff. Das Preßkissen wird in einem starken Stahlgußkoffer gehalten (Bild 5). Um eine gute Verformung bei langer Lebensdauer des Kissens zu erzielen, soll die gesamte Kissenhöhe mindestens fünfmal Höhendifferenz der Verformung des Preßkissens (h in Bild 5) sein. Für das Formstanzen von Kunststoff-Folien oder -Platten ist ein Kissen aus sehr weichem Gummi oder Kunststoff zu wählen, damit der Arbeitsdruck und damit der aufzuwendende Pressendruck in Grenzen bleibt. Bei den üblichen Gummipressen sollen die Kissen eine Weichheit von 50 nach DIN DVM 3503 haben; die erforderlichen Arbeitsdrücke sind hierbei 250 bis 300 kg/cm², die Preßgeschwindigkeit 100 mm/s.

Bild 6. Blasvorrichtung mit Formbegrenzung zum Verformen von Folien und Platten



5. Blasen

Zum Blasen sind verschiedene Verfahren bekannt, wovon hier die gebräuchlichsten kurz beschrieben werden sollen:

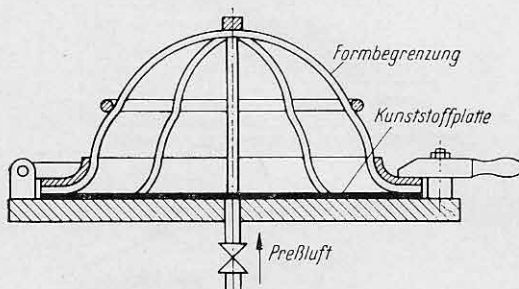
a) Die entsprechenden Zuschnitte werden auf die notwendige Temperatur, am besten im Wärmeschrank mit Umluft, erwärmt (je nach Werkstoff 100 bis 130° C) und auf die Gummimembran eines Blaswerkzeuges nach Bild 6 gelegt. Die Gummimembran mit der aufgelegten erwärmten Folie oder Platte wird mit Preßluft gegen den Stempel gedrückt (im Bild gestrichelt eingezeichnet). Die Preßluft muß so lange auf die Gummimembran wirken, bis der Werkstoff durch Abkühlen erstarrt ist.

b) Eine zweite Möglichkeit besteht darin, daß erwärmte Zuschnitt in ein Blaswerkzeug eingespannt wird und mit Preßluft gegen eine Form oder Formbegrenzung (Bild 7) geblasen wird.

c) Manche Formteile können auch ohne Formbegrenzung durch Blasen frei in dem Raum hergestellt werden (Bild 8). Die Folie oder Platte wird auf etwa 130° C erwärmt. Die Gestalt des Blasteiles ergibt sich aus der Form des Blasringes und dem Blasdruck. Sobald die Folie oder Platte auf die gewünschte Gestalt aufgeblasen ist, ist sie mit Wasser oder Preßluft abzukühlen.

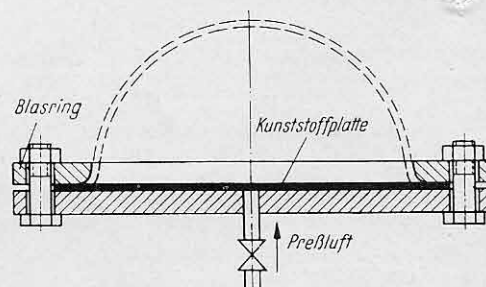
Bei den Verfahren b und c kann auch ohne Vorwärmen der Folien oder Platten mit Dampf geblasen oder aber die Verformung durch heißes Wasser bewirkt werden.

Bild 7. Blasvorrichtung mit Formbegrenzung zum Verformen von Folien und Platten



Die erwärmte Folie oder Platte wird eingespannt und bis zur Formbegrenzung aufgeblasen

Bild 8. Blasvorrichtung ohne Formbegrenzung zum Verformen von Folien und Platten



Die erwärmte Folie oder Platte wird eingespannt und durch den Blasring freigeblasen (geformte Platte im Bild gestrichelt)

6. Vakuumformung

a) Allgemeines

Von den verschiedenen Warmformverfahren hat die unter dem Namen Vakuumformung bekanntgewordene Technik in den letzten Jahren besondere Bedeutung erlangt.

Der Vorteil des Vakuumformverfahrens besteht darin, daß es mit ihm gelingt, dünnwandige, großflächige Formteile mit einfachen Werkzeugen herzustellen. Dabei sind die Werkzeugkosten, ebenso wie die Investierungs- und Unterhaltungskosten bedeutend geringer als bei den bisher üblichen Methoden der Kunststoffverarbeitung. Mit diesem Verfahren ist sowohl die Fertigung in großen Serien möglich als auch die Rentabilität von kleinen Serien gewährleistet. Kleine Teile können durch Einsatz von Mehrfach-Formen sehr rationell gefertigt werden.

Beim Vakuumformverfahren wird die Platte bzw. Folie in einen Spannrahmen fest eingespannt, der sich über der Form befindet. Es ist deshalb nicht notwendig, bei der Bemessung der Zuschnitte die Schrumpfung der Werkstoffe zu berücksichtigen. Nach einer möglichst gleichmäßigen Erwärmung, vorteilhaft durch Infrarotstrahler, wird die zwischen Form und Platte befindliche Luft abgesaugt und die Platte durch den äußeren Luftdruck verformt. Nach der Abkühlung kann der Formling entnommen werden. Eine plötzliche Abschreckung, vor allem zonenweise, sollte möglichst vermieden werden, da dies zu Spannungsrissen am fertigen Werkstück führen kann. Die Formen sollen je nach verwendetem Materialtyp auf 50° bis 70° C vorgewärmt werden.

b) Formverfahren

Die wichtigsten Vakuumformverfahren sind:

Negativ-Verfahren

Positiv-Verfahren

Positiv-Verfahren mit pneumatischer Vorstreckung

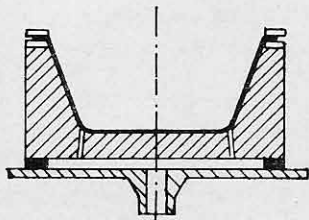
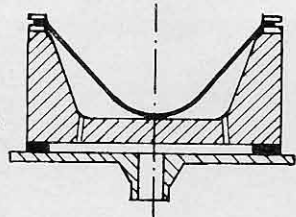
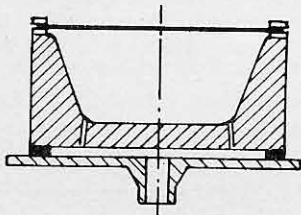
Negativ-Verfahren mit mechanischer Vorstreckung

I. Negativ-Verfahren

Es wird vor allem zur Herstellung schalenartiger Teile mit einer Ziehtiefe bis zu 40% des Werkzeugdurchmessers angewendet.

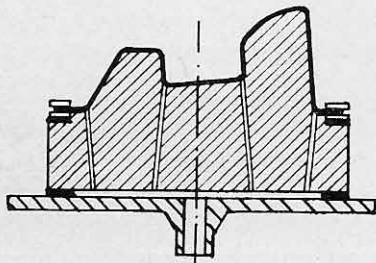
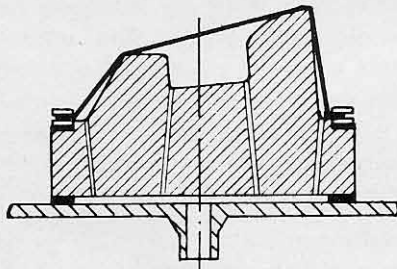
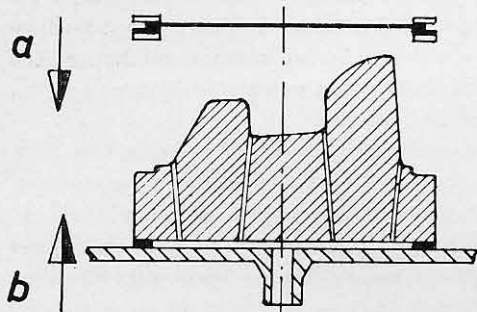
Die zu verformende Folie oder Platte wird auf das Formwerkzeug gelegt und durch einen Spannrahmen

I. Negativ-Verfahren



luftdicht so gegen die auf der Formoberkante liegende Dichtung gedrückt, daß ein Herausgleiten während des Ziehvorganges unmöglich ist. Nach dem Erweichen der Folie wird die im Hohlraum der Form eingeschlossene Luft durch die angebrachten Bohrungen abgesaugt. Anschließend ist der Formkörper möglichst schnell auf ca. 40° C abzukühlen und kann dann aus der Form genommen werden.

II. Positiv-Verfahren



II. Positiv-Verfahren

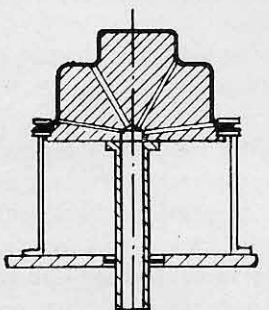
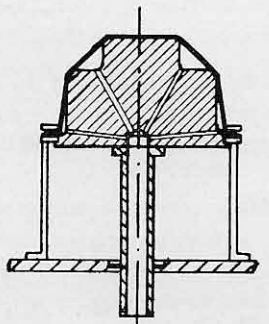
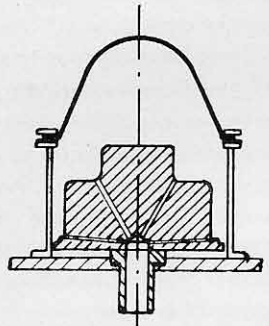
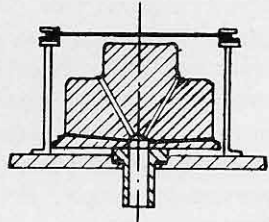
Dieses Verfahren ist besonders für die Herstellung von Formlingen geeignet, die erhabene und vertiefte Stellen besitzen.

Die im Spannrahmen über der Form eingespannte Folie oder Platte wird erwärmt. Im Gegensatz zum ersten Verfahren senkt sich a) der Spannrahmen über die Form oder hebt sich b) die Form in den Rahmen. Nach Abdichten des Rahmens auf der Dichtfläche der Form wird die im Zwischenraum befindliche Luft abgesaugt und die Folie an die Formwandung gezogen.

In der Verpackungsindustrie hat sich in den letzten Jahren eine Verpackungsart entwickelt, die unter der Bezeichnung „Skin-Verpackung“ bekannt ist. Bei diesem Verfahren wird das zu verpackende Gut als Form benutzt und direkt mit einer transparenten Folie überzogen.

Der in der Regel auf einer mit Spezialkleber beschichteten Pappe liegende Artikel wird hauteng von der Folie umschlossen und diese rundum mit der Pappe versiegelt.

III. Positiv-Verfahren
mit pneumatischer Vorstreckung

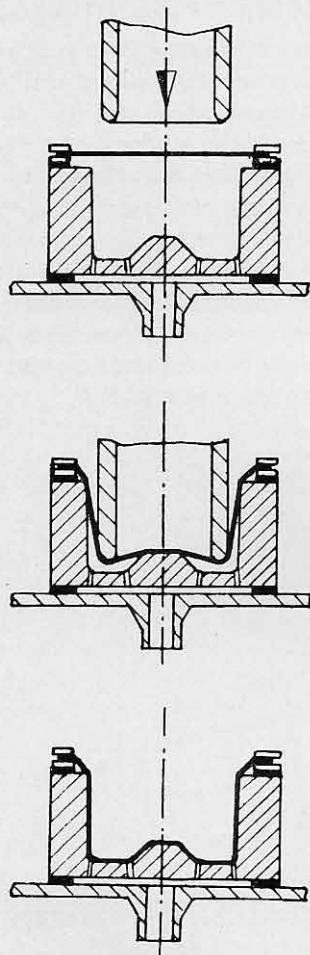


III. Positiv-Verfahren
mit pneumatischer Vorstreckung (Vorblasen)

Dieses Verfahren eignet sich besonders zur Herstellung von Formlingen mit großem Verformungsgrad, wie z. B. Kühlschranks-Innenbehälter und dergleichen. Durch das Vorblasen wird zunächst eine besonders gleichmäßige Dickenabnahme erreicht.

Auf einem oben offenen Kasten wird die Folie oder Platte eingespannt. Nach dem Erwärmen wird sie durch Preßluft vorgestreckt. Dann wird das Formwerkzeug ausgefahren und legt sich mit seinen Ecken an die vorgestreckte Folie an. Durch die Abschreckwirkung der etwas kühleren Form und den Reibungswiderstand werden diese Stellen nach beendeter Verformung relativ dickwandiger. Nunmehr wird der verbleibende Hohlraum evakuiert.

**IV. Negativ-Verfahren
mit mechanischer Vorstreckung**



**IV. Negativ-Verfahren
mit mechanischer Vorstreckung**

Da die auftretenden Wanddickenunterschiede auch an extrem tiefen Stellen in angemessenen Grenzen liegen, wird dieses Verfahren mit Vorteil da eingesetzt, wo das Negativ-Verfahren allein infolge zu starker Wanddickenverminderung nicht mehr zugänglich ist.

Die auf der Form mittels Spanrahmen befestigte Folie oder Platte wird nach dem Erwärmen durch einen Vorziehstempel mechanisch vorgezogen und der noch verbleibende Zwischenraum evakuiert.

Letzteres Verfahren kann mit dem Negativ- oder Positiv-Verfahren kombiniert werden, wenn bei einem großflächigen Formling vertiefte Stellen verlangt werden.

Die verschiedenen, hier angedeuteten Vakuumverfahren können je nach Gestalt der gewünschten Formlinge miteinander kombiniert werden. So ist es z. B. möglich, bestimmte Stellen eines im wesentlichen im Positiv-Verfahren erzeugten Formlings durch gleichzeitige Anwendung des Negativ-Verfahrens mit mechanischer Vorstreckung zu formen. Wenn an Formlingen einseitig eine besonders glatte Oberfläche verlangt wird, sind diese so herzustellen, daß die Oberfläche nicht mit der Formfläche in Berührung kommt. Dementsprechend ist das Formverfahren zu wählen.

c) Maschinen für die Vakuumformung

Die Maschinen müssen ein schnell wirkendes Vakuum, d. h. einen ausreichend bemessenen Vakuumkessel besitzen.

Die bekannten Vakuummaschinen sind je nach Größe des Tisches bzw. nach vorgesehenem Verwendungszweck mit einem oder mehreren Vakuumanschlüssen ausgerüstet. Für die Serienfertigung empfiehlt sich der Einsatz einer Maschine mit zwei Vakuumanschlüssen, um im abgestimmten Rhythmus eine rationelle Fertigung zu erzielen.

Der Heizschirm ist so angeordnet, daß er zum Beheizen der eingespannten Platten über die Form eingeschwenkt werden kann. Bei Verformungen von Platten und Folien über 1,5 mm Dicke empfiehlt es sich, diese vorzuwärmen. Platten über 2 mm müssen vorgewärmt werden. An größeren Maschinen ist zu diesem Zweck meistens ein Vorwärm Tisch vorgesehen.

Den Eigenarten der verschiedenen Halbzeugtypen und der Materialdicke kann man dadurch gerecht werden,

daß entweder der Heizschirm in der Höhe verstellbar oder die Heizleistung regelbar ist. Eine zonenweise Schaltung der Strahler hat sich in der Praxis sehr gut bewährt. Unterschiedliche Materialeinfärbungen haben keinen nennenswerten Einfluß auf die Heizdauer.

Es muß angestrebt werden, die Oberfläche möglichst gleichmäßig zu erwärmen. Am Rande des Heizschirmes angebrachte Metallspiegel wirken sich in dieser Hinsicht sehr günstig aus. Fehlen solche Spiegel, bleibt die Randzone kälter und läßt sich daher schlechter verformen, zumal die Randtemperatur noch durch den Spannrahmen ungünstig beeinflusst werden kann. Der Randabkühlung kann man auch durch heizbare Spannrahmen entgegenwirken, wenn es nicht möglich ist, Spiegel an dem Spannrahmen zu befestigen.

Bei zu langer Heizdauer und zu großer Heizintensität besteht die Gefahr der Materialüberhitzung. Dies ist zunächst an einer unruhigen Oberfläche erkennbar, bei transparentem Material an einer Eintrübung. Bei fortschreitender Überhitzung tritt Blasenbildung auf. Weil Thermoplaste schlechte Wärmeleiter sind, ergeben sich bei der üblichen einseitigen Erwärmung vor allem bei größeren Materialdicken bedeutende Temperaturunterschiede zwischen der dem Strahler zugewandten bzw. der ihm abgewandten Seite des Materials. Durch Vorwärmen der Materialrückseite vor dem Auflegen auf die Form wird hier ein gewisser Ausgleich erreicht. Für besondere Ansprüche gibt es Vakuum-Formmaschinen mit zweiseitiger Erwärmung bzw. Heizkammern. Hersteller von Vakuum-Formmaschinen nennen wir auf Anfrage.

d) **Formen**

Die beim Vakuumformverfahren benutzten Formen sind bei großen Stückzahlen meist aus Metall (z. B. Aluminiumlegierungen) oder Hartholz (**Lignofol**®). Für geringe Stückzahlen und für sogenannte Nullserien zur Erprobung von Form- und Funktionstüchtigkeit können auch Formen aus Holz (Esche, Ahorn, Erle), Gießharz, Gips und Steinmodellmasse (Stonex) und ähnlichen Stoffen eingesetzt werden.

Bei der Auswahl des Formenmaterials muß weiter berücksichtigt werden, daß der Formling die Struktur der Oberfläche bis in feinste Einzelheiten übernimmt. Vor Anfertigung der Form ist festzulegen, welches der beschriebenen Verfahren angewendet werden soll.

Bei Formen, die im Negativ-Verfahren ohne mechanische Vorstreckung eingesetzt werden, ist die Neigung der Wandflächen schalenartiger Gefäße nach Möglichkeit größer als 20 Grad zu wählen, um eine günstigere Wandstärkenverteilung zu erreichen. Auch bei Formen, die für das Positiv-Verfahren vorgesehen sind, sollen die Seitenwände nicht senkrecht verlaufen sondern etwas schräg (konisch) angelegt werden. Dies ist vor allem wichtig, um eine gute Entformung zu erreichen.

Zum Absaugen der im Hohlraum eingeschlossenen Luft sind Saugöffnungen an den tiefsten Stellen der Form vorzusehen. Der Durchmesser der Bohrungen soll ca. 0,5 bis 1 mm betragen. Größere Bohrungen zeichnen sich an der Oberfläche des Formlings ab. Die Anzahl der anzubringenden Bohrungen richtet sich nach der Größe des zwischen Form und Folie befindlichen Raumes. In einer Sekunde muß die ca. 40fache Menge der eingeschlossenen Luft abgesaugt werden können, um genügend schnelle Verformung des Materials zu erreichen. Bei gegossenen Formen können die Saugöffnungen durch Einfügen von ca. 0,5 bis 1 mm starken Stahldrähten an den tiefsten Stellen der Form erzeugt werden.

Um einen wirtschaftlichen Arbeitsablauf zu erzielen, ist der Einsatz von schnell schließenden Spannrahmen erforderlich. Die Form muß an der Tischaufgeseite und der oberen, zur Auflage der Folie dienenden Seite mit temperaturbeständigen Weichgummi-Dichtungen versehen sein.

D) Nachbearbeiten der geformten Teile

Es gelten im allgemeinen die Bearbeitungs-Richtlinien, die wir für unsere verschiedenen Produkte herausgeben. Es soll hier aber nochmals darauf hingewiesen werden, daß bei der Bearbeitung mit Werkzeugen mit positivem Spanwinkel am Formling leicht Risse entstehen. Es sollten deshalb Spanwinkel verwendet werden, die eher noch über die in den Schriften genannten Werte hinausgehen; beim Schneiden auf der Bandsäge z. B. bis minus zehn Grad. Die Zahnteilung der Sägeblätter sollte 2 bis 3 mm betragen. Wie immer bei Kunststoffen wird mit möglichst hoher Schnittgeschwindigkeit bei kleinem Vorschub gearbeitet. Von nicht zu unterschätzender Bedeutung ist eine materialgerechte Temperierung des Werkstücks. Beim

Schneiden und Stanzen sollte eine Materialtemperatur gewählt werden, die dicht unterhalb des Erweichungstemperaturbereiches (ET) liegt. Es empfiehlt sich daher, die Austrennung der Formlinge unmittelbar nach der Entformung vorzunehmen. Gute Auflagen und einwandfreie Führung des Werkstückes sind ebenso wichtig wie scharfe Werkzeugschneiden. Dieses ist auch beim Arbeiten auf der Schlagschere, die naturgemäß enggehen muß, zu beachten; anderenfalls besteht die Gefahr, daß der Formling splittert und ausreißt. Scherenschnitt ist dem Parallelschnitt vorzuziehen.

Besonders beim Ausstanzen fertiger Formlinge sind die vorstehenden Gesichtspunkte, wie gute Auflage, einwandfreie Halterungen und scharfe Werkzeugschneiden von ausschlaggebender Bedeutung.

Die in diesem Prospekt angegebenen Hinweise stellen unverbindliche Richtlinien dar. Es wird daher gebeten, sich durch eigene Versuche, die den besonderen örtlichen und maschinellen Verhältnissen angepaßt sein müssen, von der Qualität unserer Erzeugnisse zu überzeugen.