

Werkzeug-, Temperier- und Kühltechnik intelligent und Kosten sparend einsetzen

Ziel: Energetisches Gesamtkonzept

**Helmut Gries
und Nico Küls**

**GWK Gesellschaft Wärme
Kältetechnik mbH, Kierspe**



Ständig steigende Energiekosten stellen für jeden Kunststoffverarbeiter ein zunehmendes Problem im globalen Wettbewerbsumfeld dar. Eine steigende Zahl von Verarbeitern schenkt daher zu Recht den in ihrem Hause eingesetzten Kühl- und Temperierverfahren mehr Beachtung und durchleuchtet diese kritisch bezüglich ihrer Energieeffizienz. Möchte man die Energieeinsparpotenziale jedoch optimal ausschöpfen, funktioniert dieses nur durch die ganzheitliche Betrachtung des Prozesses.

Bei allen Kunststoff verarbeitenden Prozessen wird eine Temperaturführung innerhalb definierter Grenzen benötigt. Die Eigenschaften des verarbeiteten Rohstoffes, die qualitativen Anforderungen an das Fertigteil und das eingesetzte Verarbeitungsverfahren bestimmen die Rahmenbedingungen des thermischen Prozesses. Alle mit dem gesamten Prozess verbundenen Technologien verbrauchen elektrische Energie, die dabei als immer bedeutenderer Kostenfaktor die Wettbewerbsfähigkeit der Kunststoffverarbeiter entscheidend beeinflusst. Die Erkenntnis, dass die richtige Kühl- und Temperiertechnik eine wichtige Schlüsselrolle bei der notwendigen Energieeinsparung und der damit möglichen Kostensenkung spielt hat zur Folge, dass die Anbieter technisch führender

Systeme eine zunehmende Nachfrage nach intelligenten und kostensparenden Geräten und Anlagen feststellen.

Kühlanlagen energetisch optimieren

Bei der Rückkühlung der aus den Produktionsprozessen abgeführten Wärme wird in der Praxis häufig schon ein beachtliches Potenzial an Energieeinsparung realisiert. Dies mag daran liegen, dass sich die Amortisationskosten für die notwendigen Investitionen in eine energetisch optimierte Kühlanlage sofort nachvollziehbar errechnen lassen. So kann zum Beispiel die so genannte Winterentlastung bei Kältemaschinen – hierunter versteht man die Stromkostensparnis durch Nutzung reiner Luftkühlung mit Ventilatoren an Stelle eines Kompres-

sors, bei ausreichend niedrigen Außentemperaturen - an Hand der installierten Leistungen und der Betriebsstunden mit Hilfe von Klimatabellen genau errechnet werden. Das Gleiche gilt für die sekundäre Nutzung der Abwärme in Form von Heizenergie für Raumheizungen oder Prozessluft. Doch damit werden die möglichen realistischen Einsparpotenziale noch längst nicht genutzt. Wie sich beispielsweise eine Kühlanlage zum Nulltarif – allein durch die Einsparung an Energiekosten – modernisieren lässt, beschreibt GWK in einem früheren Bericht [1].

Temperierung: Gesamtprozess energetisch betrachten

Im Gegensatz zur reinen Kühlung ist bei der Temperierung das Verhältnis zwischen Investitionskosten und Betriebskosten nicht so

Optimierung des Spritzguss-Prozesses

Vor/Nach der Optimierung:	Kühlzeit: 38 s / 26 s Zykluszeit: 57 s / 45 s	Ergebnis: Reduzierung der Kühlzeit um 32% Entsprechende Energieeinsparung
----------------------------------	--	---

*Energieeffizienz im
Spritzgießprozess
braucht ein schlüssi-
ges energetisches
Gesamtkonzept
bezüglich Werkzeug-,
Temperier- und Kühl-
technik*

Ventildeckel



Abb. 1: Energie und Platz sparende Container-Kühlanlage mit Kaltwassersätzen SKL und energiesparender hermeticool-Technologie als maßgeschneiderte Lösung für den Kunden

einfach zu ermitteln. Zum einen bedeutet Temperieren abwechselndes, prozessabhängiges Heizen und Kühlen, zum anderen sind die energetischen Vorteile eher im Gesamtprozess und nicht in den elektrischen Anschluss- und Verbrauchsdaten des Temperiergerätes zu suchen. Selbstverständlich verursachen auch, im Verhältnis zu den Prozessanforderungen zu große Heiz- und Pumpenleistungen unnötige Energiekosten, welche keinesfalls vernachlässigt werden sollten. Eine regelrechte Energieverschwendung findet jedoch durch falsche Prozesszuordnung, unzureichende Berücksichtigung und Anwendung thermodynamischer Grundregeln sowie durch nachlässigen Umgang mit den Wärme übertragenden Systemkomponenten statt.

Werkzeuge haben Funktion eines Wärmetauschers

Der erste entscheidende Fehler wird bereits häufig bei der Auslegung und Fertigung der formgebenden Werkzeuge gemacht. Wenn überhaupt nicht oder nicht in ausreichendem Maße berücksichtigt wird, dass ein Werkzeug neben der Formgebung auch die Funktion eines Wärmetauschers hat. Werden Temperierkanäle aber nicht der Geometrie des Formteils angepasst, indem sie möglichst kavitätsnah seinen

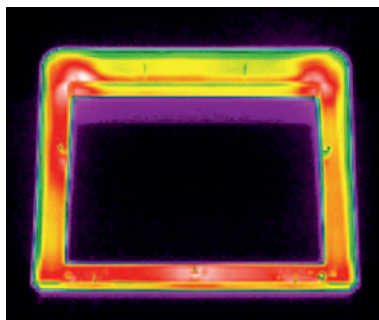


Abb. 2: Hot spots an Formteilen werden meist durch eine unzureichende Werkzeugtemperierung verursacht. Sie sind häufig der Grund für mangelnde Formteilqualität und unnötig lange Zykluszeiten

Konturen folgen und die im Werkzeug zur Verfügung stehende Fläche maximal nutzen, dann macht sich dieses Versäumnis in unnötig langen Zykluszeiten und erhöhter Ausschussrate bemerkbar. Beides führt dazu, dass zur Fertigung der benötigten Stückzahl an Formteilen neben den an das Werkzeug angeschlossenen Temperiergeräten die gesamte Produktionszelle mit allen Peripherieeinrichtungen länger in Betrieb sein muss. Die hierdurch zusätzlich benötigte Energie verursacht erhebliche Mehrkosten, die meistens deutlich über denen liegen, die eine adäquate Berücksichtigung der thermischen Anforderungen verursacht hätte.

Kosten senken: ein Praxisbeispiel

Ein einfaches Zahlenbeispiel macht dieses deutlich. Die Thermografie eines technischen Formteils zeigt einen Hot Spot (Abb. 2), dessen Oberflächentemperatur um 40 K über dem Temperaturniveau der anderen Formteilsegmente liegt. Ursache dafür ist das Versäumnis, dem durch einen dicken Anschraubdom erhöhten örtlichen Wärmeeintrag werkzeugseitig mit einer geeigneten Temperierung Rechnung zu tragen. Als Faustformel kann angenommen werden, dass eine Temperaturerhöhung um 1 K die Kühlzeit um 2% verlängert. Da die Kühlzeit bei technischen Formteilen in der Regel zwei Drittel der Gesamtzykluszeit ausmacht, hat sich diese für das genannte Beispiel also unnötiger Weise um 53% erhöht. Werden mit bestehender Temperierung zur Fertigung der Jahresstückzahl bisher 1.530 Produktionsstunden benötigt, so lassen sich davon bei optimierter Temperierung 530 Stunden einsparen. Bei einem Maschinenstundensatz von 30 EUR sind dies 15.900 EUR. Die Kosten für die Optimierung der Temperierung dagegen hätten bei ca. 6.500 EUR gelegen und sich somit bereits nach fünf Monaten amortisiert.

Homogenes Temperaturprofil durch kavitätsnahen Wärmeaustausch

Bei den meisten Formteilgeometrien ist es nicht möglich, nur mit

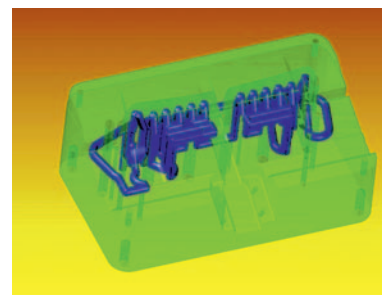


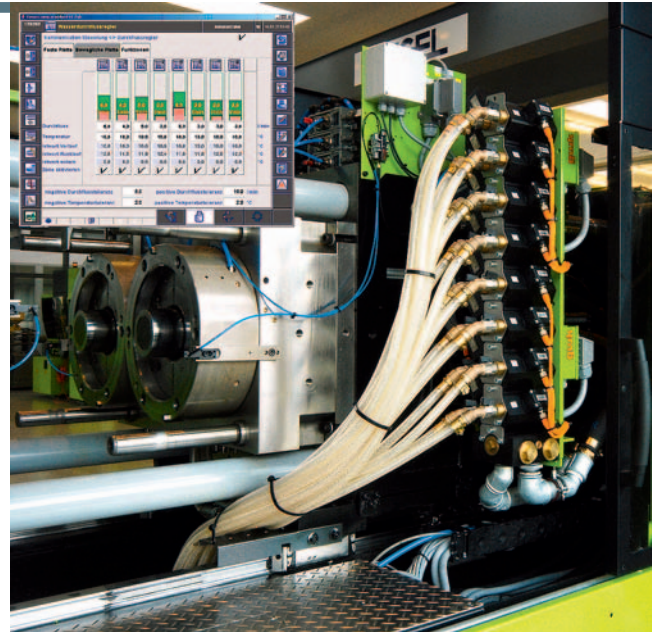
Abb. 3: Werkzeugeinsätze mit kavitätsnah integrierten Temperierkanälen haben eine bis zu dreimal so große Wärmeaustauschfläche wie bohrtechnisch gefertigte Lösungen. Dies ermöglicht einen besonders schnellen und homogenen Wärmeaustausch

der konventionellen Bohrtechnik in allen Formteilmereichen einen thermisch idealen Wärmeaustausch zu realisieren. Um mit Temperierkanälen der Formteilkontur so folgen zu können, dass eine dem Wärmehaushalt des Formteils angepasste Formtemperierung entsteht, ist man gezwungen, das Werkzeug konstruktiv zu trennen. Durch das konstruktive Trennen zum Beispiel des Werkzeugkernes, lassen sich über Frästechnik in bestimmten Abständen zur Werkzeugwand Temperierkanäle einbringen. Diese im Querschnitt oft kleineren und eng beieinander liegenden gefrästen Temperierkanäle können der Werkzeugwand in dichtem Abstand folgen und sind über ihre größere Mantelfläche weit besser in der Lage, Wärme aus dem Formnest schnell und gleichmäßig abzuführen, als eine Bohrung. Sowohl der dichtere Abstand der Kanäle zur Werkzeugwand, als auch die größere Wärmeaustauschfläche machen sich in der Praxis als Zykluszeitvorteil und Qualitätsverbesserung bemerkbar (Abb. 3). Die auf diese Weise realisierbare Wärmeaustauschfläche ist im Vergleich zur konventionellen Technik in der Regel dreimal so groß, was Kühlzeitverkürzungen von 30% und mehr zur Folge hat. Die so indirekt erzielbaren Energie- und Kosteneinsparungen sind erheblich.

Einfach Wasserdruck und Wassermenge erhöhen ist keine Lösung

Voraussetzung für diese bedeutende Steigerung der Energieeffizienz ist allerdings, dass die nun ideal im Werkzeug angeordneten Temperierkanäle auch optimal mit Temperiermedium der richtigen Temperatur und Menge versorgt werden. Optimal bedeutet in diesem Zusammenhang, dass weder zuwenig noch zuviel des Guten getan wird. Das Ziel ist nicht, soviel wie möglich zu temperieren, sondern eben soviel, wie nötig. Die thermische Werkzeugberechnung liefert die dafür notwendigen Daten. Ihre Resultate stehen

Abb. 4:
Die vollständige Integration der individuellen Regelung, Überwachung und Dokumentation der Durchflussmenge pro Temperierkreis in die Spritzgießmaschine und ihre Steuerung schließt eine wichtige Prozesslücke



allerdings häufig im krassen Gegensatz zur allgemein üblichen betrieblichen Praxis. Selbst in den Köpfen erfahrener Einrichter und Verfahrenstechniker hat sich die Meinung festgesetzt, dass bei Temperaturproblemen erst einmal Wasserdruck und Wassermenge erhöht werden müssen. Häufig wird in diesen Fällen als erstes die Leistung der Kältemaschine als zu gering kritisiert. Über die Wasserverteilung im Verbraucher macht man sich die wenigsten Gedanken. In den meisten Fällen ist jedoch darin die Ursache der Qualitätsprobleme am Formteil und der zu langen Kühlzeiten zu suchen. Völlig vergessen werden in solchen „Krisensituationen“ die unnötig hohen Energiekosten, die durch die sinnlose Installation einer leistungsstärkeren Pumpe oder gar eines größeren Verdichters verursacht würden. Mit den heutigen Möglichkeiten innovativer Werkzeugtemperierung ist in vielen Fällen sogar eine deutliche Leistungssteigerung bei gleichzeitig erheblicher Energiekostensenkung durch Halbierung der Wassermenge und Anhebung der Wassertemperatur umsetzbar (Abb. 4).

Neue Perspektiven durch dynamische Temperierung

Inwiefern durch variotherme Temperierprozesse Vorteile zu erzie-

len sind und unter welchen Aspekten deren Einsatz kritisch zu betrachten ist, ist in [2] beschrieben. Der für eine vernünftige Lösung benötigte technische Aufwand darf hier nicht unterschätzt werden. Tatsache ist, dass es mit ein oder zwei Temperiergeräten und einigen Ventilen für die meisten Anwendungen nicht getan ist, auch wenn einzelne Anbieter dies behaupten.

Auf der anderen Seite verspricht der Einsatz einer für die Anwendung optimierten dynamischen Formnesttemperierung eine deutliche Verbesserung der Formteilqualität mit entsprechender Verringerung der Ausschussquote. Die gesteigerte Produktivität senkt die Anzahl der benötigten Maschinenstunden, und damit auch den Energieaufwand sowie den Materialverbrauch. Die freigewordenen finanziellen Mittel können für die Investition in zusätzliche Maßnahmen zur Produktivitätssteigerung verwendet werden. Sinnvoll ist zum Beispiel die Anschaffung einer Wasserreinigungs- und -konditionieranlage zur Vermeidung mineralischer Ablagerungen an den Wasser führenden Oberflächen, welche die Wärmeübertragung verschlechtern. Eine deutliche Verlängerung der Kühlzeit sowie ein negativer Einfluss auf die Produktqualität sind die Folge. Beide Effekte ha-

Materialversorgung

ben wegen der Betriebsstunden-erhöhung der gesamten Produktionszelle enorme Auswirkungen auf die Energie- und Prozesskosten. Kühlzeitverlängerungen bis zu 60% und Betriebskostensteigerungen von mehr als 30% gegenüber dem Neuzustand der Produktionsmittel sind keine Seltenheit.

Ein innovativer Verarbeiter geht neue Wege

Das höchste Potenzial an Energieeinsparung wird dann erschlossen, wenn der gesamte Herstellprozess eines Kunststoffteils vom Granulat bis zur Auslieferung der einbaufertigen Baugruppe kritisch betrachtet wird. Am Beispiel eines innovativen Unternehmens, das Spritzgussteile mit hohen Oberflächenanforderungen herstellt und diese nach dem Spritzen in einer externen Lackiererei lackieren lässt, wird dies allzu deutlich. Durch die ganzheitliche

Betrachtung des Prozesses und den Einsatz der kavitätsnahen Werkzeugtemperierung konnte der Betrieb für die Herstellung der benötigten Jahresstückzahl bereits eine komplette Spritzgießzelle mit Werkzeug und Peripherie einsparen. Bei der Kühlung wurde durch Nachrüstung der Winterentlastung bei den vorhandenen Kältemaschinen eine erhebliche Stromkostensparnis erreicht. Nun wird der Einsatz einer neuen Technologie auf Basis der dynamischen Formnesttemperierung erwogen, mit deren Hilfe der nachgeschaltete energie- und kostenintensive Lackierprozess bereits ins Spritzgießwerkzeug verlegt werden kann, so dass fertige, nacharbeitsfreie Teile aus der Maschine kommen. Die zu erwartende Kostenersparnis erreicht Größenordnungen, die Vergleichswerte einer nur auf den Spritzgießprozess bezogenen Energiebetrachtung bei weitem

übersteigen. Das Beispiel macht deutlich, wie lohnenswert es sein kann neue Wege zu gehen, um bestens für den härter werdenden globalen Wettbewerb gerüstet zu sein. ■

Literatur

- [1] Gries, H.: Kühltechnik: Niedrige Energiekosten im Fokus – Die Investition in moderne Kältemaschinen zahlt sich aus. Kunststoff-Berater 11/2008, S. 43-44
- [2] Gries, H.: Dynamische Formnesttemperierung für perfekte Hochglanz-Oberflächen – Wirtschaftliche Formteilmontage braucht ganzheitliches Kühl- und Temperierkonzept. Kunststoff-Berater 9/2008, S. 50-54

→ KONTAKT

GWK, Kierspe
Tel. 02359/665-0
www.gwk.com