Hydraulik schlägt Vollelektrische

Energiesparende Spritzgießmaschinen mit servomotorischem Pumpenantrieb für die Hydraulik Steigende Energiepreise und verstärkter Umweltschutz treiben die Herstellungskosten der Kunststoffverarbeiter in die Höhe. Wenn dagegen ein servomotorischer Pumpenantrieb anstelle der bisher üblichen elektronisch geregelten Verstellpumpen mit Asynchronmotoren die Hydraulikversorgung übernimmt, werden die Energiekosten um mehr als 50 Prozent vermindert. Und sie sind – je nach Anwendung – sogar noch geringer als bei vollelektrischen Spritzgießmaschinen.

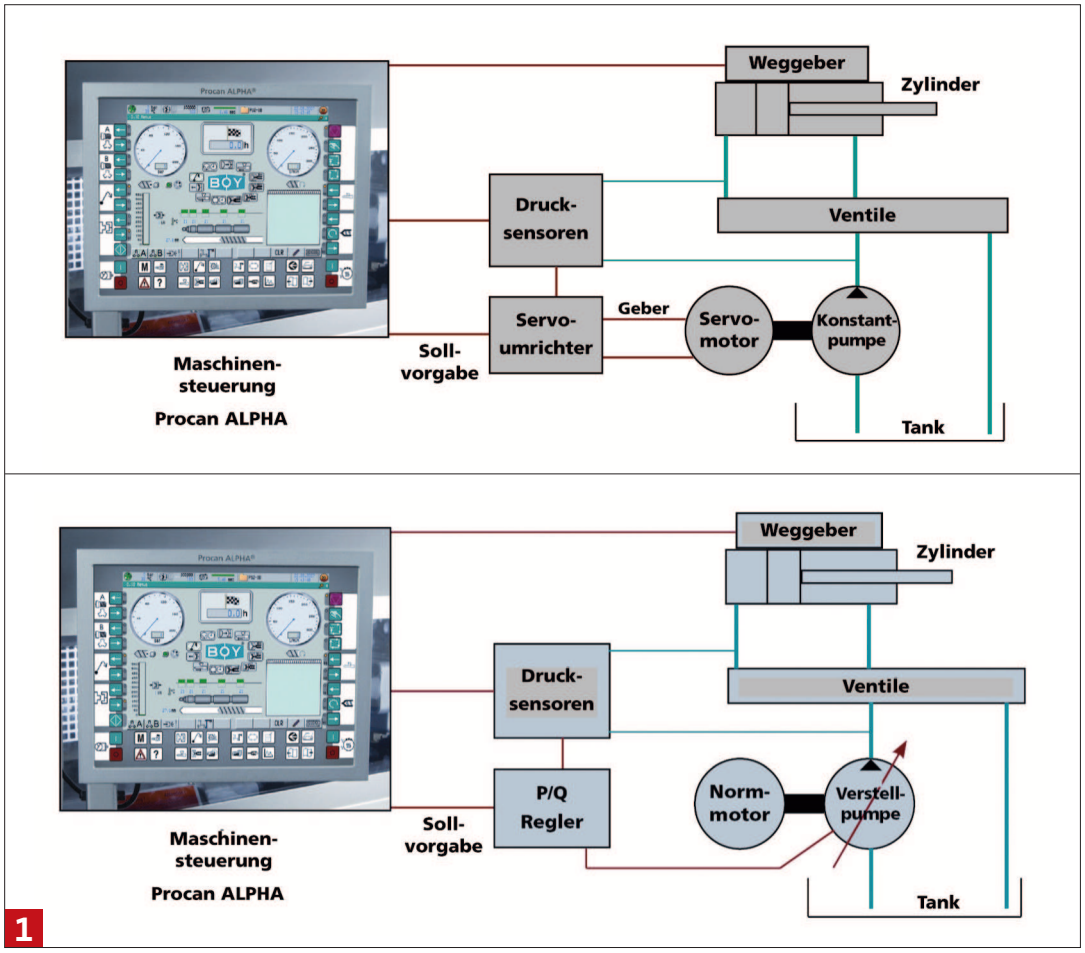
Jeder Kunststoffverarbeiter will seine Spritzgussteile mit möglichst geringem Energieaufwand herstellen. Der Antrieb der Spritzgießmaschine ist dabei zu betrachten, aber auch das Aufschmelzen der Masse, die Peripheriegeräte, die Automatisierungseinrichtungen und die innerbetriebliche Logistik, um den gesamten Spritzgießprozess so kostengünstig und umweltverträglich wie möglich zu gestalten. Ein servoelektrischer Pumpenantrieb für die Hydraulikversorgung ist ein weiterer wesentlicher Schritt in diese Richtung. Zudem wird dadurch die Präzision und Dynamik erhöht; Geräuschemissionen werden dagegen vermindert.

Autoren

Franz-Josef Ludwig, Leiter Elektrokonstruktion; **Martin Kaiser**, Leiter mechanisch-hydraulische Konstruktion, Dr. Boy Spritzgießautomaten, Neustadt-Fernthal, info@dr-boy.de

Wer bezahlt gerne Leerlauf?

Der bisherige Stand der Technik ist, die Hydraulikversorgung mit elektronisch geregelten Verstellpumpen auszurüsten, die durch Asynchronmotoren angetrieben werden. Dabei erfolgt die Mengen- und Druckregelung innerhalb der Pumpenelektronik, die durch Ansteuerung mechanischer Stellglieder das Fördervolumen von Null bis zum Maximum verstellen kann. Der Motor läuft immer mit quasi konstanter Drehzahl. Der Asynchronmotor arbeitet nur ausreichend effektiv, wenn er mit seiner Nennlast betrieben wird. In der Spritzgießmaschine gibt es jedoch sehr häufig Situationen in denen nur eine Teillast abgerufen wird beziehungs-



1

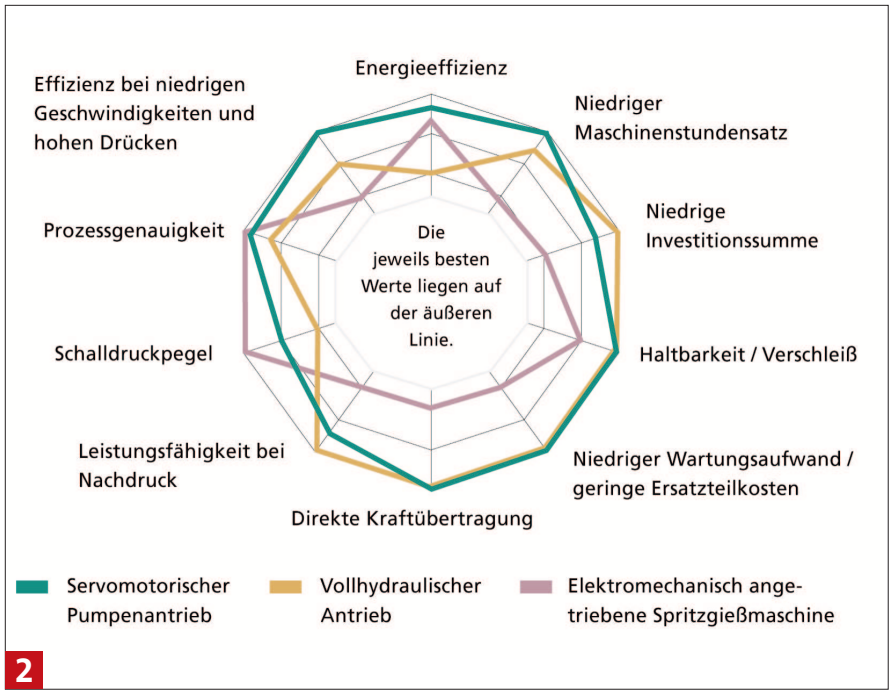
Bilder: Dr. Boy

Schematisches Funktionsprinzip des servomotorischen Pumpenantriebs für die Hydraulikversorgung: Konstantpumpe mit Servomotor (oben), Umstellpumpe mit Normmotor (unten)

weise gar keine Energie benötigt wird. Gerade in diesem Fall verbraucht der im Leerlauf drehende Asynchronmotor jedoch noch eine enorme Menge an Energie, die nicht genutzt wird. Zudem erzeugt die Verstellpumpe einen Geräuschpegel, der nicht komplett durch Gegenmaßnahmen verhindert werden kann. Dazu kommt noch, dass die Dynamik der Regelpumpe, hauptsächlich bei niedrigen Drücken, sehr begrenzt ist.

Elektrische Spritzgießmaschinen haben auch Tücken

Demgegenüber war die bisherige Alternative die elektromechanische Spritzgießmaschine. Bei diesem Konzept wird jede Achse der Spritzgießmaschine durch einen separaten Servomotor mit der dazu notwendigen mechanischen Umlenkeinheit (Getriebe, Spindel) angetrieben. Damit hat man das seit vielen Jahren bewährte Konzept der hydraulischen Kraftübertragung komplett verlassen. Mit den durchaus vorhandenen Vorteilen hat man sich jedoch auch deutliche Nachteile, wie hohe Investitionskosten, hohen Wartungsaufwand, Verschleiß an Spindeln, verschmutze Schließeinheiten durch die Spindel-Schmierung, unverhältnismäßig hohe elektrische Anschlusswerte und eine nicht unkritische Einspritzkraftregelung mit empfindlicher Sensorik eingehandelt. Bei der Einspritzkraftsensorik handelt es sich um sehr empfindliche Bauteile, die in den meisten Fällen mit Dehnmessstreifen ausgerüstet sind. Diese Sensoren unterliegen einer natürlichen Alterung. Zusammen mit einer sehr umfangreichen elektronischen Ausstattung kann dies dazu führen, dass eine Maschinenreparatur schon nach mehreren Jahren unwirtschaftlich wird.



Drei verschiedne Antriebsarten im Vergleich

Aber auch ein anderer, typischer Nachteil wird bei elektromechanischen Mehrachsantrieben kaum beachtet: Die vollelektrische Maschine hat zwar den besseren theoretischen Wirkungsgrad, dieser wird aber in der Praxis durch die Stillstandsverluste der fünf Umrichter wieder kompensiert. Dies kommt dadurch, dass die elektronischen Steuerungen und andere Bauteile, die in den Umrichtern montiert sind, auch im Stillstand der Maschinenachse Energie verbrauchen.

Servomotorischer Pumpenantrieb kombiniert die Vorteile

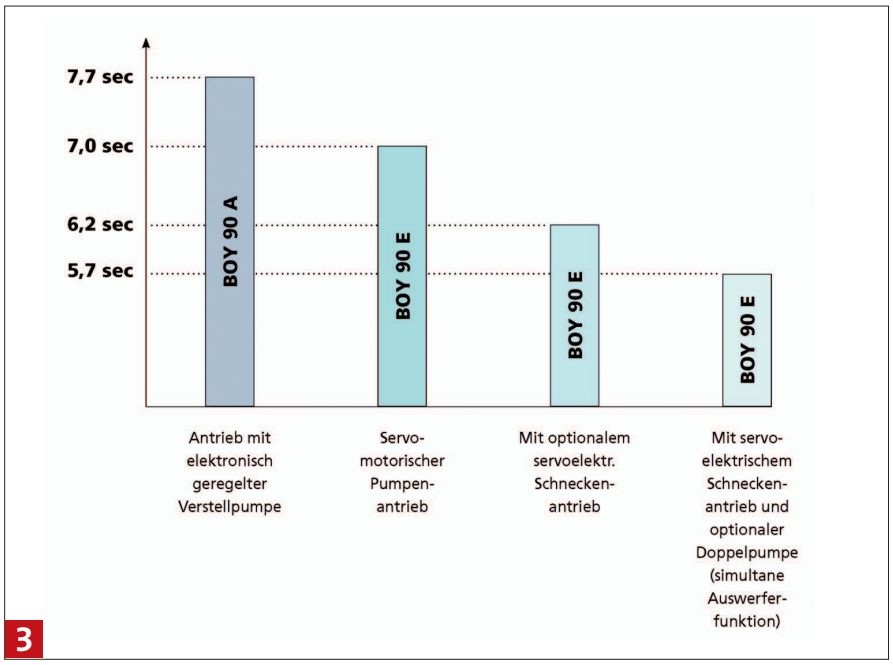
Bei einem servomotorischen Pumpenantrieb werden die Vorteile beider Systeme kombiniert. Diese Bauweise (Bild 1) wurde in Form der E-Baureihe bei dem Spritzgießmaschinenbauer Boy als erstem Hersteller in Europa realisiert. Beim servomotorischen Pumpenantrieb wird eine Konstantpumpe durch einen Servomotor angetrieben. Die Mengen- und Druckregelung erfolgt hochdynamisch durch Verstellung der Motordrehzahl: wenn keine Menge oder Druck benötigt wird, steht der Motor still und verbraucht keine Energie. Aber auch in Phasen der Druckregelung (Nachdruck) dreht der Motor nur mit geringst notwendiger Drehzahl, sodass auch in dieser Situation nur soviel Energie verbraucht wird wie zur Erhaltung der Druckregelung notwendig ist. Für die E-Baureihe wurde außerdem die Hydraulik strömungstechnisch optimiert, damit die höhere Leistungsfähigkeit des neuen Antriebes voll zum Tragen kommt.

Durch die Summe aller Maßnahmen wird der Energieverbrauch gegenüber dem vorher eingesetzten DFE-System (elektronische Druck- und Förderstromregelung) um bis zu 50 Prozent gesenkt, das Geräuschniveau um 20 Prozent vermindert und die Dynamik um 10 Prozent erhöht werden. Im Vergleich zu dem auch heute noch eingesetzten DFR-System (Druckförderstromregelung) sind sogar Energieeinsparungen von bis zu 70 Prozent möglich. Die E-Baureihe bietet in den meisten Belangen (siehe Bild 2) die bessere Lösung oder sie ist nur geringfügig vom Optimum entfernt.

KOSTENEFFIZIENZ

Wie und wieviel Energie spart der servomotorische Pumpenantrieb?

Beim servomotorischen Pumpenantrieb für die Hydraulikversorgung wird eine Konstantpumpe durch einen Servomotor angetrieben. Die Mengen- und Druckregelung erfolgt hochdynamisch durch Verstellung der Motordrehzahl: Wird keine Menge oder Druck benötigt, steht der Motor still. In Phasen der Druckregelung (Nachdruck) dreht der Motor nur mit geringst notwendiger Drehzahl, soviel wie zur Erhaltung der Druckregelung notwendig ist. Zudem wurde die Hydraulik der E-Maschinenbaureihe strömungstechnisch optimiert. Durch die Summe aller Maßnahmen wird der Energieverbrauch dieser Maschinen gegenüber dem vorher eingesetzten DFE-System (elektronische Druck- und Förderstromregelung) um bis zu 50 Prozent gesenkt. Im Vergleich zu dem auch heute noch eingesetzten DFR-System (Druckförderstromregelung) sind sogar Energieeinsparungen von bis zu 70 Prozent möglich. Wenn man die Energiebedarf der über ein ganzes Jahr betrachtet, dann spart ein Kunststoffverarbeiter mit der Baureihe 90 E bei der Herstellung eines Artikels bei gleicher Zykluszeit über 10 kWh elektrischer Energie. Bei 6 000 Betriebsstunden im Jahr werden jährlich 6 200 Euro eingespart.



Zykluszeitvergleich am Beispiel eines Schraubverschlusses

Energieverbrauch extrem reduziert

Durch den Einsatz eines servomotorischen Pumpenantriebs konnte der Energieverbrauch sehr stark vermindert werden. Da nur Antriebsleistung erbracht werden muss, wenn sie benötigt wird, sinkt der Energiebedarf drastisch. Bei den Maschinen mit Zweiplatten-Schließeinheit von Boy kann diese Form des Antriebes seine Vorteile voll ausspielen, da durch die patentierte Lösung Druckhalten in Kombination mit einem Druckübersetzer ein geringeres Druckniveau für den Schließkraftaufbau erzeugt werden muss. Hierdurch kann ein zur Schließkraft relativ kleiner Motor eingesetzt werden. Der einmal erzeugte Druck wird dann mittels der Rückschlagventilfunktion so lange erhalten, wie benötigt, so wird für die Druckhaltefunktion keine Energie mehr aufgewendet.

Messungen mit Werkzeugen von Kunststoffverarbeitern auf einer Spritzgießmaschine der Baureihe 90 A, ausgestattet mit elektronisch geregelter Verstellpumpe im Vergleich zu einer der Baureihe 90 E, haben in verschiedenen Fällen eine Einsparung von über 50 Prozent ergeben. Es erfolgten auch Vergleichsmessungen zu elektromechanischen Maschinen in vergleichbarer Baugröße. Hier lag der Energiebedarf der 90 E-Maschine auf dem gleichen Niveau der vollelektrischen Wettbewerbsmaschine. Die Erfahrungen der Betreiber bestätigen diese Messungen. In Einzelfällen wurde sogar eine Energieeinsparung von 75 Prozent im Vergleich zu einer hydraulischen Wettbewerbsmaschine genannt.

Der verbesserte Wirkungsgrad hat eine geringere Ölerwärmung zur Folge. Die erforderliche Kühlleistung entfällt in der Regel bei durchschnittlichen Zykluszeiten und durchschnittlicher Raumtemperatur. Die integrierte intelligente Regelungstechnik ist in der Lage die Viskositätsänderungen durch veränderte Öltemperaturen auszugleichen. Versuche haben ergeben, dass bei einer Öltemperatur zwischen 25 °C und 45 °C keine messbaren Einflüsse auf die Teilequalität und Gewicht festgestellt werden können.

Die Präzision des Systems macht die Ölvorwärmung auf Temperaturen von mehr als 25 °C überflüssig. Somit ergeben sich drei grundsätzliche Vorteile im Bezug auf die Ölkühlung der Maschine.

- Sehr wenig beziehungsweise keine Kühlung bei einer mittleren Zykluszeit.
- Erhebliche Verringerung der elektrischen Energie zur Ölvorwärmung.
- Zeiteinsparung bei der Ölvorwärmung

Gute Umweltverträglichkeit heißt verminderte Energiekosten

Die E-Baureihe hilft die Kohlendioxid-Emissionen deutlich zu senken. Zur Zeit fallen bei der Erzeugung von 1 kWh elektrischer Energie etwa 620 Gramm Kohlendioxid an. Wenn man den Energiebedarf über ein ganzes Jahr betrachtet, dann spart ein Kunststoffverarbeiter, der die Baureihe 90 E einsetzt, bei der Herstellung eines Artikels bei gleicher Zykluszeit über 10 kWh elektrischer Energie. Bei 6 000 Betriebsstunden im Jahr ergeben sich folgende Zahlen:

- Kosteneinsparung 6 200 Euro/Jahr
- Kohlendioxid-Einsparung 37 200 kg/Jahr

Weniger Maschinenlärm

Die Geräusche in einer herkömmlichen Spritzgießmaschine haben zwei wesentlichen Ursachen: Der Hauptantrieb der Maschine läuft permanent, auch wenn kein direkter Bedarf an hydraulischer Energie besteht; hierdurch wird eine ununterbrochene Geräuschbelastung erzeugt. Zusätzlich verursacht die stärkere Pulsation des Axialkolben-Pumpensystems ein lauteres Geräusch.

Der Hydraulikmotor des Schneckenantriebes ist aufgrund seiner einfachen und robusten Bauart die zweite große Geräuschquelle einer Spritzgießmaschine. Der Ersatz durch einen elektrischen Torque-Antrieb bringt eine sehr hohe Geräuschreduzierung mit sich. Bei der E-Baureihe konnte eine messbare und vom menschlichen Ohr wahrnehmbare Reduzierung der Geräuschemission erzielt werden. So beträgt der Schalldruckpegel der Spritzgießmaschine 90 A zirka 74 dB (A), bei der neuen Baureihe sind es nur noch zirka 70 dB (A). Und mit einem servoelektrischen Schneckenantrieb kann der Wert weiter, bis auf 65 dB (A), abgesenkt werden.

Positioniergenauigkeit wird erhöht, Zykluszeiten werden verkürzt

Für dünnwandige und optische Bauteile werden besondere Anforderungen an die Präzision der Positioniergenauigkeit der Antriebsachsen gestellt. Dieses Ziel wurde bei der E-Baureihe erreicht, indem die Dynamik der elektrohydraulischen Antriebe wesentlich verbessert wurde. Alle Anfahrvorgänge von Positionen sind feinfühlig und reaktionsschnell ausführbar.

Durch die schnellere Ansprechzeit des Antriebssystems auf Sollwertänderungen und die höhere Leistungsfähigkeit in Bezug auf das Fördervolumen konnte die so genannte Trockenlaufzeit reduziert werden. Zusätzlich mit elektrischen Schneckenantrieben und/oder einer Doppelpumpenlösung können weitere Zeiteinsparungen realisiert werden. ■