



Software-SPS/NC und Hydraulik: TwinCAT steuert Kunststoff-Spritzgussmaschinen

## Durch und durch PC-basierend

**Die Firma Husky, einer der weltweit führenden Hersteller von Kunststoff-Spritzgußmaschinen, plant seine neue Steuerungsgeneration und setzt dabei ganzheitlich auf die Beckhoff Produktlinie aus Industrie-PC, Feldbuskomponenten und Software. Zu der Steuerung der Maschinen über Software-SPS und Software-NC für elektrische Achsen, stellen hydraulische Antriebe und Temperaturregelung eine zusätzliche Herausforderung für die Beckhoff Lösung dar.**

Zu alltäglich und vertraut ist der Umgang mit Kunststoff-Produkten, als daß man sich bei ihrer Verwendung noch Gedanken zu deren Herstellungsprozeß und den dabei beteiligten Maschinen macht: viele Kunststoff-Produkte werden im Spritzgussverfahren hergestellt. Die Liste der dabei entstehenden Sachen ist so unendlich wie unspektakulär: Dübel, Joghurt-Becher, Kugelschreibergehäuse, Getränke-Flaschen, Autorücklichter, Stoßstangen, Wäschekörbe, Haushaltseimer, Behältnisse der Medizinaltechnik - eine endlose Aufzählung von wichtigen und unwichtigen Dingen aus unserem täglichen Leben könnte folgen. Eines wird jedoch schon deutlich: die Größenunterschiede der Fertigprodukte variieren von sehr

klein (z. B. Modellbau-Elemente) bis sehr groß (ganze Automotorhauben) und so gliedern sich Kunststoff-Spritzgußmaschinen auch in Größenklassen. Unterscheidungsmerkmal ist dabei die in Tonnen gemessene Schließkraft des Werkzeugs, dem die Fertigteile entspringen.

### **Kunststoff-Spritzgussmaschinen mit TwinCAT-Herz**

Um die Schließkräfte aufbringen zu können, arbeiten die Hersteller entweder mit Hydraulikaggregaten oder mit mechanisch ausgeklügelten, elektrisch angetriebenen Schließmechanismen. Das Funktionsprinzip einer Kunststoff-Spritzgußmaschine ist jedoch in allen Größenkategorien gleich: über einen Einfülltrichter gelangt

das Kunststoff-Granulat (Resin) in den Schneckenzyylinder, wo es durch die Reibungskräfte der rotierenden Plastifizierschnecke sowie der Temperatur der am Zylinder angebrachten Heizbänder verflüssigt wird und sich vor der Schnecke staut. Währenddessen wird das Werkzeug auf der linken Maschinenseite geschlossen und bis auf einen Nenndruck zusammengepreßt. Dieser Druck muß während des gesamten Einspritzvorgangs mit nachfolgender Kühlung unter allen Umständen geregelt aufrecht erhalten werden, da ansonsten flüssiges Material unter hohem Druck austreten könnte. Wenn genügend flüssiges Material auf der Schneckenseite vorhanden ist, wird die Schnecke als Einspritzkolben benutzt um das Plastik durch die Kopfdüse in

New Automation Technology in  
Kunststoff-Spritzgussmaschinen



die Heißkanäle und von da in die Formenhohlräume zu drücken und unter Druck zu halten. Nach einer selektiven Abkühlung der Formen, wird der Einspritzkolben zurückgezogen, das Werkzeug öffnet sich und ein Auswurfmechanismus oder ein Roboter entfernt die fertigen Teile aus den Formen. Der Maschinenzyklus kann dann von Neuem beginnen. Es ergeben sich eine ganze Reihe von Bewertungskriterien einer solchen Maschine, hier nur die wichtigsten:

1. Qualitativ hochwertige Teile erzeugen: hierzu muß der einmal optimierte Prozeß und seine Parameter zu einem konstant guten Teil führen d. h. die physikalischen Eigenschaften (Größe, Gewicht, Dichteverteilung, Farbe, ja sogar Geruch) müssen gleichbleibend sein. Hier ist die Wiederholgenauigkeit aus Mechanik und Steuerung gefragt.

2. Kurzer Maschinenzyklus: da die Maschinen oft unbeaufsichtigt im 24 h-Betrieb laufen, bedeutet jede Verkürzung des Herstellungszyklus um Zehntelsekunden einen höheren Teileausstoß.

3. Parametrier- und Wartungsfreundlichkeit: falls Probleme entstehen, muß der Bediener diese möglichst schnell beheben können, komfortable Fehlermeldungen und zusätzliche Online-Hilfen wie Reparaturvideos helfen ihm dabei. Großen Anteil hat hier

**Husky Injection Molding Systems Ltd.**

Gegründet wurde die Firma Husky im Jahre 1953 und ist heute einer der weltweit größten Hersteller von Kunststoff-Spritzgüßausrüstung. Mit den Produktionsstandorten in Bolton (Kanada), Milton (Vermont, USA) und Dudelange (Luxembourg) erzielte Husky im vergangenen Jahr einen Umsatz von 708 Mio. US \$ mit weltweit 3000 Mitarbeitern. Hergestellt werden Spritzgussmaschinen mit Schliesskräften von 50 t bis 8000 t, Spritzgussformen, Heißkanäle und Entnahmeroboter.

Die kundenspezifische Bedieneinheit mit TFT-Bildschirm, Touchscreen, Softkey-Tasten und Benutzer-ID-System



also die Maschinenvisualisierungssoftware - das HMI (Human Machine Interface)

4. Effektiver Bedienerschutz: heißes Plastik und hohe Drücke schaffen ein Gefährdungspotential, dem konstruktiv und steuerungstechnisch Sorge getragen werden muß.

5. Effektiver Selbstschutz: verklebte, klebende oder nur partiell entfernte Teile können das teuerste Element der Spritzgußmaschine, die Form, beim nächsten Schließvorgang beschädigen. Der leichteste Kratzer in den metallischen Hohlräumen der Form ist nachher auf dem Endprodukt gut sichtbar und macht es unbrauchbar.

6. Ressourcenschonung: hierunter fällt die Umweltverträglichkeit der Maschinen, der Ausstoß an Testmaterial während der Einfahrphase soll so minimal wie möglich gehalten werden, ebenso der Strom- und Wasserverbrauch und die Fehlteile während der Produktion.

Husky Maschinen haben hydro-mechanische Schliesseinheiten. Die Schnecken der Einspritzeinheiten werden von einem hydraulischen Radialkolbenmotor oder von einem Servomotor angetrieben. Servomotorantriebe werden ebenfalls auf den Entnahme-Robotern eingesetzt.

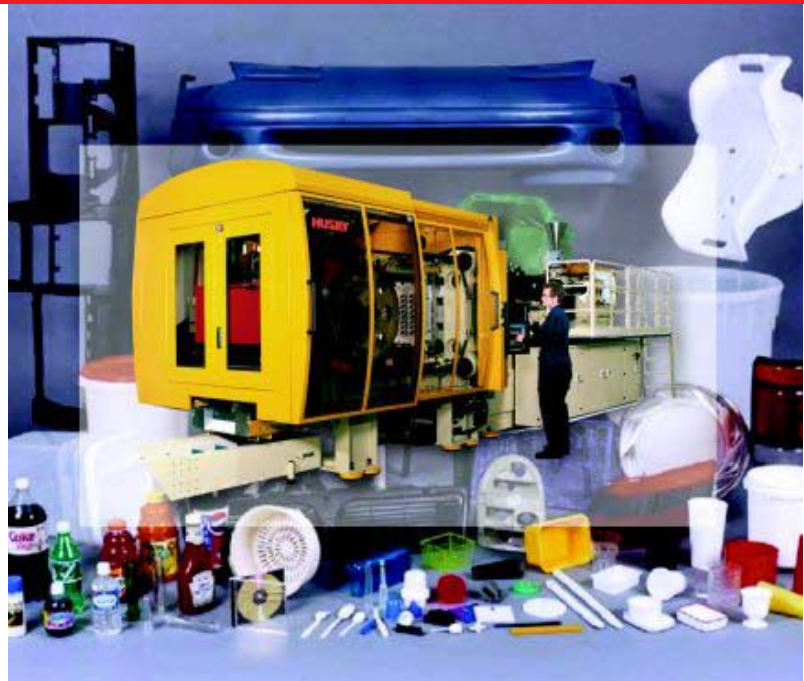
### Ein Industrie-PC ersetzt 4 konventionelle Steuerungen

Die gestiegenen Anforderungen in dem Kunststoff-Spritzgussmarkt veranlassten Husky vor zwei Jahren die Einführung einer neuen PC basierten Steuerungsgeneration zu planen. Ein Vergleich der herkömmlichen Steuerungsarchitekturen in dem Kunststoff-Spritzgussbereich mit der PC-Steuerung macht die Unterschiede deutlich. Die bisherigen Konzepte in diesem Anwendungsfeld basieren auf einer Vielzahl von Spezialcontrollern und einer Hardware-SPS: die SPS sorgte für den globalen Ablauf der Maschinen und kommuniziert bei hydraulisch angetriebenen Maschinen mit dem IC (Injection Controller) für die Einspritzseite, dem CC (Clamp Controller) für die Werkzeugeite und dem TC (Temperature Controller) für die Temperaturregelung. Bei elektrisch betriebenen Spritzgussmaschinen wurden die einzelnen Servoachsen über Achscontroller betrieben. Die Mensch-Maschine Schnittstelle (HMI) wurde durch einen Industrie-PC gewährleistet, der jedoch keine Steuerungsaufgaben hatte. Die gesamte Verdrahtung erfolgte parallel in den Schaltschrank.

Die neue Steuerungskonzeption bei Husky vereint alle Funktionalitäten in einem Industrie-PC: im Schaltschrank montiert ersetzt

er alle bisherigen Controller und die Hardware-SPS. Die Maschinensignale werden über eine Profibus-Masterkarte und die am Feldbus angeschlossenen Beckhoff Busklemmen eingesammelt bzw. ausgegeben. Ebenfalls dezentral am Profibus angeschlossen sind die berührungslosen Wegaufnehmer, die die Positionsinformationen der einzelnen Hydraulikzylinder liefern. Als Bedieneinheit ohne Eigenintelligenz (TFT-Anzeige, Touchscreen, Softkey-Tasten, Benutzer-ID-System) dient ein über zwei Koaxialleitungen mit dem PC verbundenes Control Panel, ebenfalls ein Beckhoff-Standardprodukt. Industrie-PC, Feldbus, elektronische Reihenklemme und sonst gar nichts; die Hardware ist auf das Wesentliche reduziert, der separate Schaltschrank für die Unterbringung der Servomotor-Leistungsteile kann ganz entfallen, da diese nun in dem freigewordenen Platz des Hauptschaltschranks untergebracht werden können. Ebenso einheitlich ist die verwendete Softwareplattform: als Basis dienen die Sprachen des IEC 61131-3 Standards, unter TwinCAT als Software-SPS realisiert. Sie dient zur Regelung sämtlicher Hydraulikzylinder und auch zur Ablaufsteuerung des Roboters, der von der TwinCAT Software-NC betrieben wird. Die Haupt-Softwarekomponenten für die Steuerung einer

Vom Dübel bis zur Stoßstange - die im Spitzgußverfahren hergestellten Kunststoff-Produkte werden mit verschiedenen Husky-Produktlinien hergestellt



Husky-Maschine lassen sich in vier nachfolgend näher erläuterte Bereiche gliedern:

- Hydraulik
- Temperatur
- Roboter
- Visualisierung

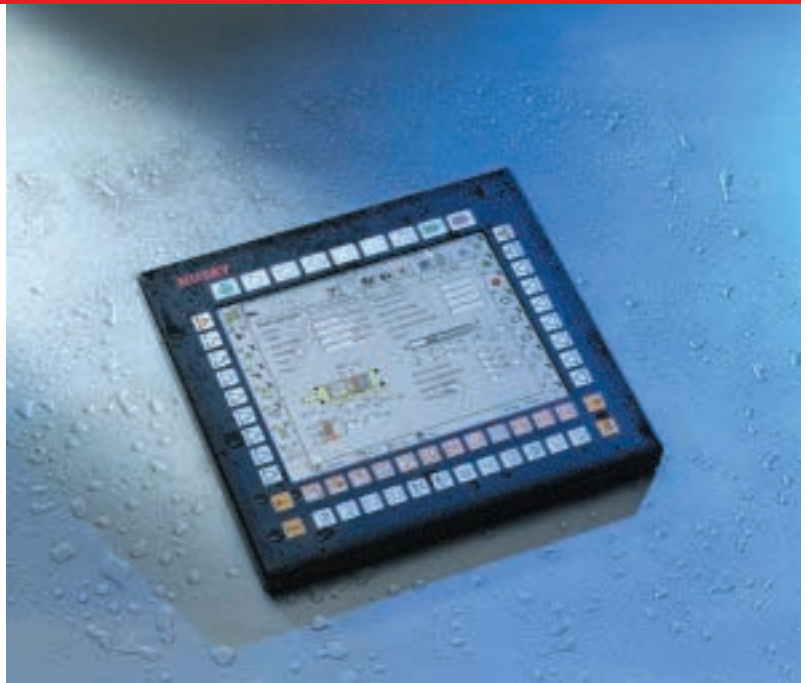
Bei der Regelung der hydraulisch bewegten Maschinenachsen (typischerweise mindestens 8 Achsen pro Maschine) bringt Husky einen reichen Erfahrungsschatz aus der Vergangenheit mit. Da kommt es sehr gelegen, dass im Unterschied zu früher die einzelnen Regelungen für Husky keine „Black Boxes“ mehr sind, sondern durch Husky Hydraulik- und Regelungsexperten in dem IEC 61131-Standard erstellt und angepasst werden können. Die Bewegungssteuerung einer hydraulisch betriebenen Verfahrachse ist nicht trivial, die Regelungsstrecken sind nicht-linear und unterliegen zusätzlichen prozesstechnischer Einschränkungen. Der Einspritzkolben beispielsweise verfährt bei dem Einspritzvorgang zunächst ein mehrstufiges Geschwindigkeitsprofil bei gleichzeitiger Limitierung des Fülldrucks. Abhängig von Kolbenposition, Fülldruck im Zylinder oder Fülldruck in der Form muss während der Vorwärtsbewegung stossfrei auf Druckregelung umgeschaltet werden. Für die Rückwärtsbewegung wird wieder auf Geschwindigkeitsregelung

### SPS und NC auf dem PC

TwinCAT verwandelt jeden kompatiblen PC in eine Echtzeitsteuerung mit Multi-SPS, NC-Achsregelung, Programmierungsumgebung und Bedienstation. TwinCAT substituiert herkömmliche SPS- und NC-Steuerungen sowie Bediengeräte:

- Einbettung von Software-SPS und Software-NC in Windows 2000/NT/NT Embedded/CE
- Leistungsfähige Multi-SPS mit 4 SPS-Laufzeitsystemen pro PC und Zykluszeiten ab 50 usec. Die Programmierungsumgebung bietet alle Sprachen der IEC 61131-3 Norm.
- Achsenansteuerung für Point-to-Point Positionierung und interpolierende Bahnbewegung. Bis zu 255 Achsen können, nur abhängig von der Leistungsfähigkeit des PC-Prozessors, positioniert werden. Sonderfunktionen wie Kurvenscheibe oder „Fliegende Säge“ werden unterstützt.
- Anbindung an alle gängigen Feldbusse und PC-Schnittstellen für E/A Signale: Profibus, CANopen, DeviceNet, Interbus, Sercos, Lightbus und PC-Hardware
- Datenanbindung an Bedienoberflächen und andere Programme mittels offener Microsoft Standards (OPC, ODX, DLL)

New Automation Technology -  
basierend auf dem Standard-  
Control Panel von Beckhoff



umgeschaltet mit anschliessender Positionsregelung auf der Startposition für den nächsten Einspritzvorgang. Die Skalierbarkeit der CPUs im Industrie-PC hilft bei der Realisierung möglichst kurzer Abtastzeiten im Millisekundenbereich, um die sehr hohen Kolbengeschwindigkeiten während des Einspritzvorgangs beherrschbar zu machen.

### **Temperaturregelung über IEC 61131-3 Softwarebaustein**

Die Temperaturregelung erfolgt ebenso in den IEC 61131-3 Sprachen. Eine Kunststoff-Spritzgussmaschine kann mehr als 100 Heizstrecken aufweisen, da neben der Maschine auch das Werkzeug mit seinen Einspritzdüsen und die Heisskanäle beheizt werden müssen. Die Temperaturreglerbausteine entstanden in Zusammenarbeit zwischen Husky und Beckhoff und bieten Komfortfunktionen wie Selbsteinstellung, Anfahrerschaltung, stossfreie Umschaltung zwischen Hand- und Automatikbetrieb, vordefinierbare Reaktionen auf Hardwareausfälle wie Sensorbruch, defektes Heizband und mehr. Die Bausteine sind nach Bedarf instanzierbar, das Hinzufügen einer Heizzone kommt also einer Variablendefinition gleich.

Die Steuerung der elektrischen Roboterachsen erfolgt durch Twin-

CAT NC. Die Programmierung geschieht über die TwinCAT NC-Bibliothek, die vordefinierte Funktionsbausteine für die Achsenbewegung enthält. Da TwinCAT den gleichzeitigen Einsatz mehrerer Feldbussysteme unterstützt, entschied sich Husky für SERCOS als Bussystem für die Antriebe.

Die vierte Software-Komponente, die Visualisierung, wird von Husky als Windows NT Programm erstellt. Die Bedienphilosophie zielt dabei auf Touchscreen-Bedienung im Zusammenspiel mit den Softkey-Tasten des Beckhoff Control Panels. Kritische Maschinenfunktionen, z.B. alle die eine mechanische Bewegung in Gang setzen, werden über die SPS-Tasten am unteren Rand des Panels ausgeführt d.h. die SPS kann die angeforderte Funktion noch einmal vor Freigabe prüfen. Die Software-Schnittstelle zu TwinCAT erlaubt den Zugriff auf Steuerungsparameter, Meldungen, Zeiterfassung, Statistik usw.

Die Benutzerzugangsberechtigung wird anhand eines Speicherchips in der Grösse eines Schlüsselanhängers kontrolliert. Dieser ID-Token wird an dem Control Panel gesteckt und kann 32 kByte Daten speichern um z.B. das Benutzerprofil aufzunehmen.

### **Cui bono?**

Wichtig ist sicherlich die Kostenersparnis durch Einsatz eines Feld-

bussystems und Wegfall der Spezialsteuerungshardware. Die Steuerungslösung kann über die Leistungsfähigkeit des Industrie-PC den Anforderungen angepasst werden, die Steuerungsstruktur ist für Husky insgesamt transparenter geworden und setzt auf Standards wie Windows NT/2000 und IEC 61131-3. Somit hat Husky nicht nur das Spritzguss-Knowhow sondern auch das gesamte steuerungstechnische Wissen vollständig in der Hand. Auch hat jede Maschine Laufzeit- und Programmierumgebung dank TwinCAT immer mit dabei, wenn auch für den normalen Maschinenbediener nicht zugänglich. Es erschliessen sich die bekannten Möglichkeiten der PC-Welt wie grosser Festplattenspeicher, Fernwartung über Modem/Ethernet, Anbindung an weitere Maschinen über serielle Schnittstellen oder Netzwerk, Anbindung an die Leitebene, Verwendung externer unter Windows lauffähiger Prozessoptimierungssoftware.

Für die Zukunft sieht Husky den Schwerpunkt in dem modularen Maschinenentwurf und den „zero engineering“ Werkzeugen für eine vereinfachte Programmierung, um flexibel auf Markt und Kundenwünsche reagieren zu können. Beckhoff TwinCAT steht als zentraler Pfeiler dieser Architektur fest.