

oup

ORGAN DES FORSCHUNGSFONDS
FLUIDTECHNIK IM VDMA

FLUIDTECHNIK

BLECHBEARBEITUNG

16 | Modulares Ziehkissensystem
für hydraulische Pressen

MOOG SONDERDRUCK



06 | LOUNGE

„Man muss die Balance zwischen
Werten und Wandel finden“



Michael und Bernhard Juchheim

MODULARES ZIEHKISSENSYSTEM FÜR HYDRAULIKPRESSEN DER ZUKUNFT



Das Tiefziehen ist eine zentrale Verfahrensstufe beim Umformen von Halbzeugen auf Pressen.

Ziehkissen nehmen dabei eine Schlüsselfunktion ein. Sie bauen die Ziehkraft auf und regeln sie, mindern den Stoßelaufprall auf das Werkstück und sorgen für die gewünschte Produktqualität. Das Modulare Ziehkissensystem von Moog ermöglicht Pressenherstellern, Maschinen mit höchster Produktivität und Flexibilität zu entwickeln.

Autoren: Dr. Kristof Schlemmer, Engineering Manager, Sascha Dany, Engineer Hydraulic Systems, Reiner Kohlhaas, Senior Engineer Hydraulic Systems, Moog Luxemburg; Andreas Heydlauff, Teamleiter Application Software, Moog Böblingen

Die Anforderungen an hydraulische Pressen zur Umsetzung von Tiefzieh-Arbeitsgängen sind einem stetigen Wandel unterworfen. Dafür gibt es technologische und wirtschaftliche Gründe. Bei der Herstellung von Karosserieteilen beispielsweise ist eine sehr genaue Prozessregelung erforderlich. Anders sind neue, schwer umformbare Werkstoffe nicht in die gewünschte Form zu bringen. Aber auch das Umformen zu immer komplexer werdenden Geometrien würde nicht gelingen. Hinzu kommt, dass Produktionsprozesse immer flexibler werden, um kürzere Produktzyklen und Werkzeugwechselzeiten zu realisieren. Und am Ende muss der Ausschuss an Blechteilen so gering wie möglich sein, um Pressen effizient betreiben zu können. All diese Anforderungen an den Produktionsprozess und die Produktqualität sind mit modernen hydraulischen Ziehkissenregelungen zu bewältigen.

PERFEKTES ZUSAMMENSPIEL FÜR OPTIMALE PRODUKTQUALITÄT

Eine hydraulische Ziehpresse besteht aus den Elementen der Oberkolbenpresse (Pressenstößel) sowie den Komponenten des Ziehkissens. Dieses befindet sich unterhalb des Blechhalterings und beinhaltet den Druckkasten inklusive Druckbolzen sowie die Ziehkissenzyylinder und deren Hydraulikmodule. Die Zylinder sind über die Zylinderaufnahme mit dem Pressengestell verbunden (Bild 01).

Das Ziehkissen ist das „Herzstück“ für den Umformprozess. Es hat entscheidenden Einfluss auf die Qualität der gepressten Teile. Beim Ziehvorgang wird ein Blechrohling in eine durch das Ober- und Unterwerkzeug vorgegebene Form – bei gleichbleibender Blechstärke – hineingezogen und umgeformt. Damit keine Falten und Risse entstehen, darf das Blech beim Pressvorgang nicht unkontrolliert nachrücken. Das Ziehkissen verhindert dies, indem es über die Blechhalter die Werkstücke fixiert und bei der Umformung für die genaue Nachführung des Blechs sorgt. Die Kraft des Oberkolbens wird über den Blechhalterring und die Druckbolzen in das Ziehkissen geleitet. Vor dem Kraftschluss zwischen Oberkolben und Ziehkissen werden dabei die beweglichen Elemente des Ziehkissens vorbeschleunigt, um den Aufprall abzumildern. Nach dem Klemmen des Werkstücks an die Blechhalter wird das Ziehkissen in einer Kraftregelung bewegt. Die Regelungen sind hochdynamisch und verhindern eine Beschädigung des Ziehteils und des Werkzeugs. Zur lokalen Anpassung der Ziehkräfte bei unsymmetrischen Werkstücken und Belastungen wird die Gesamtziehkraft häufig auf mehrere Druckpunkte mit unabhängig arbeitenden Zylindern verteilt (z.B. Zweipunkt-, Vierpunkt- oder Sechspunkt-Ziehkissen). Durch die Kombination mehrerer Ziehkissenmodule können – bezogen auf den Druckpunkt – unterschiedliche Ziehkräfte realisiert werden. Jede Achse ist eigenständig in ihrer Funktion und wird durch die übergeordnete Regelung des Gesamtsystems gesteuert.

MODULARE BAUSTEINE FÜR KUNDENSPEZIFISCHE SYSTEME

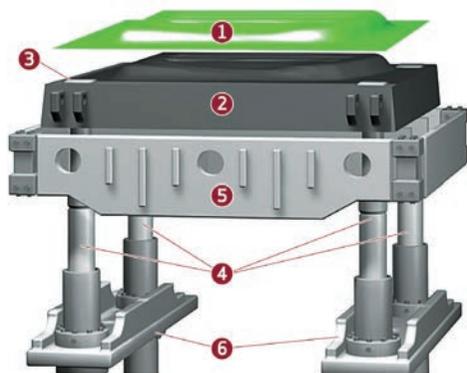
Das Modulare Ziehkissensystem von Moog ermöglicht die Konstruktion hydraulischer Ziehkissen für besondere Anforderungen an Genauigkeit, Dynamik und Zuverlässigkeit. Hydraulik-, Elektronik- und Software-Bausteine bilden gemeinsam ein System, das in Verbindung mit einer übergeordneten Steuerung geeignet ist für den Einsatz in hydraulischen

Pressen nach DIN EN 693. Die Modularität der Bausteine erlaubt die einfache Anpassung an kundenspezifische Anforderungen und vorhandene Systeme und trägt somit zu einer Beschleunigung von Systementwurf, Konstruktion und Angebotserstellung bei. Das Konzept eignet sich für mechanische und hydraulische Einzelpressen ebenso wie für Pressenstraßen.

Bild 02 zeigt den typischen Arbeitszyklus des Ziehprozesses. Das Modulare Ziehkissensystem von Moog bietet die Möglichkeit, den Arbeitszyklus flexibel anzupassen. So kann das Ziehkissen am unteren Totpunkt der Oberkolbenbewegung seine Abwärtsbewegung fortsetzen oder mit einer definierten Presskraft mit dem Oberkolben geschlossen hochfahren. In beiden Fällen kann das Ziehkissen das gepresste Bauteil zur Entnahme und erneuten Bestückung in eine definierte Position bewegen.

AUFBAU DES MODULAREN ZIEHKISSENSYSTEMS

Das Baukasten-System enthält als Hauptkomponenten die Zylinder mit integriertem Wegmesssystem und angeflanschten Steuerblöcken sowie Druckspeicher, Hydraulikaggregat und die Software-Bausteine und Hardware-Komponenten der Regelung (**Bild 03**). Der Kissenblock inklusive Speicheradapterblock und Druckspeicher wird direkt an den Zylinder geflanscht. So entsteht ein kompaktes, steifes Hydrauliksystem, mit



01 Aufbau einer Ziehpresse: 1) Ziehteil, 2) Unterwerkzeug, 3) Blechhalterring/Druckbolzen, 4) Ziehkissenzylinder, 5) Druckkasten/Ziehkissenplatte, 6) Zylinderaufnahme

dem hochdynamische Regelungen möglich sind. Die Regelung wird mit separaten Hardware- und Softwaremodulen im System implementiert. So werden Kraftüberschwinger reduziert und kundenspezifische Kraftverläufe mit hoher Genauigkeit umgesetzt.

Der Systemaufbau der Hydraulik ist in allen Nenngrößen identisch. Er besteht aus einem Aggregat mit Druckversorgung und einem separaten Nebenstrom-Filter- und Kühlkreislauf. Der Druck der von der Hauptpumpe geladenen Hydrospeicher steht kontinuierlich auf der Stangenseite der Zylinder an. Das Proportionalventil steuert die Zylinder, auf denen sich der Druckkasten abstützt. Übergeordnet steht das Regelungskonzept. Es liest die Daten der Druck- und Positionssensoren aus und verfährt die Zylinder über die jeweiligen Proportionalventile in entsprechend abgestimmten Druck- oder Positionsregelkreisen.

Integriert ist auch der sicherheitsgerichtete Teil der hydraulischen Steuerung gemäß Maschinenrichtlinie 2006/42/EG. Sowohl der Druckaufbau als auch die Lastseite der Achse sind dabei redundant abgesichert. Somit werden mögliche Gefahren während des Tiefziehprozesses, wie beispielsweise eine gefahrbringende Aufwärtsbewegung der Achse vermieden und eine sichere Abtrennung der Druckversorgung ermöglicht.

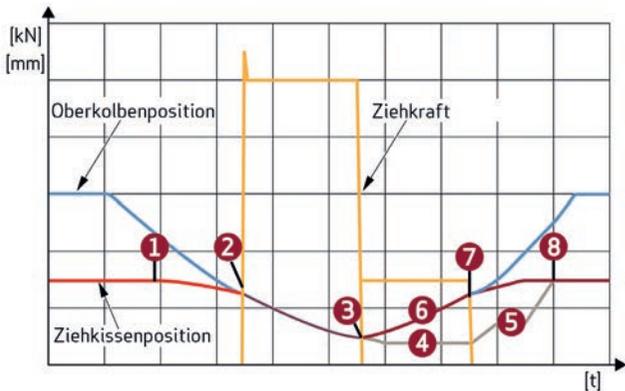
HYDRAULIKMODULE IN WÄHLBAREN VARIANTEN

Die Hydraulik besteht aus standardisierten Modulen: Zylinder, Kissenblock, Speicheradapterblock und Hydraulikaggregat inklusive Pumpensteuerblock. Das Zylindermodul wird nach der maximalen Ziehkraft und der Druckpunktzahl bestimmt. Zur Auswahl stehen standardisierte Module mit festgelegten Dimensionen, wobei die Hublänge angepasst werden kann. Die maximale Ziehkraft der Zylindermodule kann sich durch eine Anpassung des System- und Ziehdrucks erhöhen. Vorteile des realisierten Zylinderaufbaus sind eine einfache und kompakte Montage des Hydraulikblocks am Zylinder. Das Wegmesssystem führt durch den Hydraulikblock, was eine kompakte Bauweise ermöglicht. Der Zylinder wird über eine verlängerte Zylinderstange in das Pressengestell integriert. Er wird mit einer Kalottenplatte an die Druckwange des Zieh-

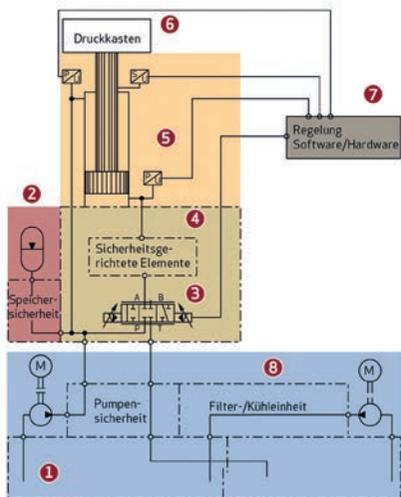
kissens angeflanscht, die Kippwinkel bis zu zwei Grad ausgleichen kann. Alle Zylinder sind mit reibungsarmen Dichtungen bestückt, um Stick-Slip-Effekte zu vermeiden. Das Modul Kissenblock ist abhängig vom maximalen Volumenstrom und somit von der Auswahl des Zylindermoduls und der maximalen Zylindergeschwindigkeit. Unterschiedliche Modulgrößen mit variablen Zylinderflanschversionen stehen zur Verfügung. Für den Aufbau der Kissenblockmodule werden Ventile und Anschlüsse der Leitungen auf der Unterseite des Steuerblocks montiert. Das bietet eine gute Zugänglichkeit zu allen Ventilen und eine große Variabilität für die Positionierung des Hydraulikaggregates. Zudem kann der Steuerblock in eine beliebige Position gedreht werden, um die Position des Speicheradapterblocks frei auszurichten. Die verwendeten Moog-Proportionalventile sind Plattenbauventile in digitaler oder analoger Bauart, in einer speziellen 3/3-Wege-Version. Sie reduzieren die Druckverluste beim Verfahren des Zylinders und bewirken damit eine höhere Auswurfkraft und eine geringere minimale Ziehkraft.

Das Speicheradaptermodul ist für einen, zwei oder drei Speicher in verschiedenen Baugrößen verfügbar und kann mit allen Kissenblockmodulen kombiniert werden. Die Anzahl und Größe der verwendeten Speicher wird über den verwendeten Zylinder und die Zyklusdaten des Ziehkissens ermittelt. Es kann zwischen Standard- und High-Flow-Blasenspeichern ausgewählt werden. Der Adapterblock wird seitlich an den Kissenblock angeflanscht, wobei die Blasenspeicher vertikal und parallel zum Zylinder angeordnet sind. Bei entsprechenden räumlichen Anforderungen ist auch eine separierte Anbringung des Adapterblocks inkl. Druckspeichern mit Anbindung über Rohrleitungen möglich.

Das Druckversorgungsmodul wird anhand der verwendeten Zylinder, der Anzahl an Druckpunkten und der Zyklusdaten ausgewählt. Die verwendeten Komponenten und der modulare Pumpensteuerblock sind auf einem Behälter mit Zwei-Kammer-System und mehreren Mannloch-Revisionsöffnungen montiert. Der Aufbau und die Maße des Aggregates können projektspezifisch angepasst werden. Der Aggregatbaukasten besteht aus mehreren Aggregatmodulen,



02 Typischer Arbeitszyklus eines Ziehprozesses: 1) Ziehkissen startet Vorbeschleunigung, 2) stoßarmer Übergang und Aufbau der Kissenkraft mit programmierbarem Verlauf, 3) unterer Totpunkt der Oberkolbenpresse, Dekompression des Ziehkissens, 4) Rückzug des Ziehkissens, 5) frei programmierbares Ausfahren des Ziehkissens, 6) geschlossenes Ausfahren des Ziehkissens unter frei programmierbarer Ziehkraft, 7) Öffnen der Blechhalter und Fahren auf Teilentnahmeposition, 8) Startposition für neuen Zyklus



03 Aufbau des Modulare Ziehkissensystems:
 1) Hochdruckpumpen,
 2) Speichersicherheit,
 3) Moog-Proportionalventil,
 4) sicherheitsgerichtete Elemente, 5) Zylinder,
 6) Druckkasten, 7) Regelung Software/Hardware,
 8) Filter-/Kühleinheit

welche alle marktüblichen Kombinationen des Modulare Ziehkissensystems abdecken.

ANTRIEBSREGELUNG FÜR DAS ZIEHKISSEN

Die Software basiert auf der stetigen Weiterentwicklung der Ziehkissen-Regelungs-Technik von Moog. Daraus entstand eine Software-Bibliothek für die Nutzung auf Codesys- oder TwinCAT-basierten (IEC 61131-3) Motion Controllern, die sowohl die klassische Druckregelung als auch eine Kraft- und Positions-Zustandsregelung beinhaltet. Dazu gehört auch die Funktion zur Druck- bzw. Kraft-Profil-Generierung mit einem sanften und somit für das Werkstück spannungsfreien Kraftverlauf. Zusammen mit der präzisen Regelung werden so Risse und Falten am Werkstück verhindert. Für die Regelung der Vorbeschleunigung hat Moog einen einzigartigen Algorithmus entwickelt. Er synchronisiert die Vorbeschleunigungs-Trajektorie auf die Stößel-Position.

Die Software-Bibliothek ist auf die hydraulischen Komponenten des Modulare Ziehkissensystems abgestimmt. Spezielle Anforderungen an erreichbare Tiefziehkraften und Hubzahlen werden durch entsprechende Größen der hydraulischen Komponenten abgedeckt. Während die Größe eine untergeordnete Rolle für die Regelung spielt, sind die Anzahl der Ziehkissenmodule und die Ausführung der Ventil-Schnittstellen ausschlaggebend. So ist der vorgesehene Einsatzbereich in Ein-Punkt- oder Mehrpunkt-Ziehkissensystemen mit unabhängigen Druck- bzw. Kraft-Profilen realisierbar. Moog bietet hierzu drei Möglichkeiten an:

1. Verschiedene Funktionsblöcke in Bibliotheken für die eigene Zusammenstellung.
2. Ein Komplett-Paket basierend auf den Funktionsblöcken für Ziehkissen mit gleicher Konfiguration.
3. Eine individuell programmierte Lösung.

Das Komplett-Paket enthält einen Motion Controller mit der Software zur Ansteuerung von Moog-Ventilen. EtherCAT-Feldbus-Ventile von Moog erlauben eine störungsfreie digitale Sollwert-Vorgabe, eine detaillierte Diagnosemöglichkeit und bieten eine integrierte IO-Funktionalität für ein dezentrales Einlesen der Drucksensoren. Zur übergeordneten Maschinensteuerung wird ein Profinet-Interface eingesetzt, das zeitkritisch Tiefzieh- und Auf-fahrparameter überträgt und der Ziehkissensteuerung die Freigabe erteilt. Danach arbeitet die Steuerung völlig selbstständig, in Abhängigkeit der linearen Stößelposition, den parametrisierten Arbeitszyklus ab. Eine HMI-Anbindung erlaubt eine einfache menschenlesbare Diagnose.

SIMULATION ALS VERIFIZIERUNGSWERKZEUG

Die Simulation eines Ziehkissens innerhalb einer Presse ist ein wertvolles Werkzeug, welches Moog in kritischen Anwendungsfällen anbieten kann. In Simulationen werden zusätzlich zu den Hydraulikmodulen und den als Regelsoftware verfügbaren Algorithmen auch Stößel, Ziehkissen und Rahmen der Presse in physikalischen Modellen abgebildet. In diese fließen Angaben zur Presse, wie Stößel- und Ziehtischmaße sowie Annahmen durch erfahrene Ingenieure ein. Diese Art von Simulation hilft während der Projektierung einer neuen Anlage das dynamische Verhalten der Realität vorherzusagen und strenge Leistungsanforderungen zu prüfen.

Kritische Punkte, wie die Druckspitze beim Stößel-Aufprall auf das Ziehkissen, lassen sich unter dem Einsatz der Regelalgorithmen untersuchen. Außerdem ermöglicht die Simulation die Verifikation hoher Taktraten mit einer Auswurfgeschwindigkeit nahe der physikalischen Grenze sowie die Berechnung des Energieverbrauchs und der Pumpenleistung für diese Zyklen.

Für Grenzfälle erlaubt die Simulation, einfache Vergleiche der Hydraulikmodule durchzuführen. Aufgrund der Ergebnisse kann eine fundierte Auswahl getroffen oder eine individuelle Lösung in Betracht gezogen werden.

KUNDENSPEZIFISCHE LÖSUNGEN

Jede neue Tiefziehpressen stellt die Designer vor besondere Herausforderungen, deswegen unterstützen die Anwendungsspezialisten von Moog die Kunden bei der Auswahl der Komponenten und legen das Gesamtsystem entsprechend ihrer spezifischer Rahmenbedingungen und Zyklen aus. Das Modulare Ziehkissensystem von Moog trägt somit durch seine hohe Flexibilität effektiv dazu bei, wettbewerbsfähige Lösungen zum Vorteil der Kunden zu generieren.