

## Zwei Hälften, eine Lösung

PITTLER T&S realisiert  
hocheffiziente  
Fertigungszelle für  
Differentialgehäuse

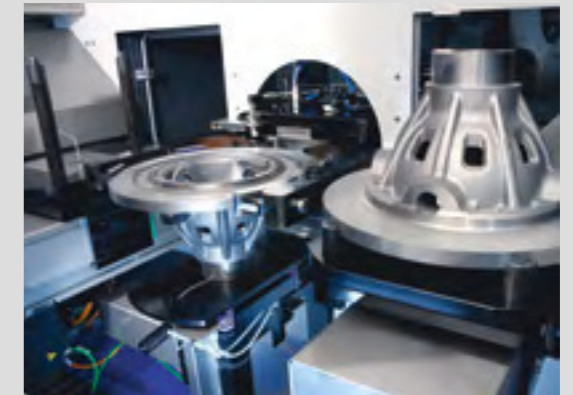
## Two halves, one solution

PITTLER T&S provides  
highly efficient  
production cell for  
differential cases

### Differentialgetriebe

Differentialgetriebe, kurz Differentiale, sind essentieller Bestandteil eines jeden Personen- und Nutzfahrzeuges. Sie verteilen die Antriebsleistung gleichmäßig auf die Antriebsräder und sorgen dafür, dass sich diese während einer Kurvenfahrt zwar unterschiedlich schnell aber dennoch mit identischer Vortriebskraft drehen. Dabei stellen sie einen dynamischen Ausgleich der Drehzahlen der kurveninneren und -äußeren Räder sicher, weshalb sie allgemein auch unter der Bezeichnung „Ausgleichsgetriebe“ bekannt sind.

Im Kontext hinterradgetriebener Nutzfahrzeuge, insbesondere LKWs, befindet sich das Differential zumeist mittig im Bereich der Hinterachse in einem separaten Getriebegehäuse, das aus zwei einzelnen, später durch Verschraubung miteinander verbundenen Gehäusehälften besteht.



**Die komplexe Aufgabe: Entwicklung und Realisation einer Anlage zur Endbearbeitung rotierender Ausgleichsgehäuse von Differentialgetrieben für die Nutzfahrzeugindustrie in mittlerer Losgröße und unterschiedlichsten Werkstückgeometrien. Die innovative Lösung der PITTLER T&S GmbH: Eine hocheffiziente Fertigungszelle einschließlich dreier Maschinen, integriertem Messsystem und flexibler Roboterautomation, die bei maximaler Bearbeitungsgenauigkeit höchste Anforderungen hinsichtlich Flexibilität und Prozessautomatisierung gleichermaßen erfüllt.**

Die der DVS TECHNOLOGY GROUP angehörende PITTLER T&S GmbH aus dem südhessischen Dietzenbach verfügt über jahrzehntelange Erfahrung und weitreichende Expertise im Bereich des Baus von Werkzeugmaschinen zur effizienten Bearbeitung unterschiedlicher Komponenten des Differentialgetriebes. Das Leistungsspektrum reicht hierbei von Einzel-

prozessmaschinen, bspw. zur Drehbearbeitung von Kegelröderohlingen, bis hin zu integrierten, um passgenaue Mess- und Automatisierungskonzepte erweiterbaren Fertigungslösungen, die Kombinations- oder gar Komplettbearbeitungen mit diversen Beitungstechnologien ermöglichen. Maßgeblich für die damit verbundene Weiterentwicklung gewöhnlicher Drehmaschinen zu universellen Drehbearbeitungszentren, die diverse Fertigungstechnologien vereinen, sind insbesondere von PITTLER T&S innovative Bearbeitungseinheiten, wie z.B. der Universal-Bearbeitungskopf mit starrer Drehwerkzeugaufnahme und integrierter, leistungsfähiger Motorspindel.

### Integrierte Roboterautomation und Messtation

Für den größten chinesischen Nutzfahrzeughersteller war das Dietzenbacher DVS-Unternehmen in diesem Jahr mit der komplexen Aufgabe von Konzeption und Umsetzung einer Anlage zur Endbearbeitung rotierender Ausgleichsgehäuse von Differentialgetrieben betraut. Die besondere Herausforderung bestand hierbei in der Tatsache, dass es sich bei den zu fertigenden Komponenten um LKW-Bauteile in mittlerer Losgröße und unterschiedlichsten Werkstückgeometrien handelte. Kundenseitig resultierten hieraus enorme Anforderungen in Bezug auf den Automatisierungsgrad des Fertigungsprozesses einerseits sowie die Flexibilität der Anlage andererseits – bei konstanter Sicherstellung höchster Bearbeitungsgenauigkeit. Die speziell unter Berücksichtigung dieser Anforderungen für den Kunden realisierte Lösung der PITTLER T&S GmbH: Eine hocheffiziente Fertigungszelle einschließlich dreier Bearbeitungsmaschinen, integriertem Messsystem und flexibler Roboterautomation.

Zunächst werden die zu bearbeitenden Rohteile sowohl linker als auch rechter Gehäusehälften der Fertigungszelle über ein Conveyorsystem zur Verfügung gestellt. Von einem zentral in der Mitte der Zelle befindlichen Industrieroboter, welcher über einen Greifarm verfügt, der das gesamte Geometriespektrum der



unterschiedlichen Bauteile abdeckt und somit gänzlich rüftfrei ist, werden die Werkstücke aufgenommen. Der Roboter prüft während des Greifens und damit bereits vor der tatsächlichen Zerspanung, ob das über die Steuerungssoftware angewählte Fertigungsprogramm für die Bearbeitung des jeweiligen Gehäuses adäquat ist. Abhängig davon, ob es sich um eine linke oder rechte Gehäuseseite handelt, beschickt die Roboterautomation anschließend über ein Shuttlesystem die Maschinen des erfolgreichen Typs PITTLER PV SL2 2-2: Die Bearbeitung rechter Gehäusehälften wird von zwei Maschinen ausgeführt, während die linker Hälften in lediglich einer Maschine erfolgt, da diese nicht die Einbringung von Aufnahmebohrungen erfordern. Auf diese Weise wird dem deutlichen Taktzeitunterschied in der Fertigung der beiden Gehäusehälften gezielt Rechnung getragen. Alle dreieinhalb Minuten stößt die hochproduktive Fertigungszelle so eine rechte und linke Gehäusehälfte aus.

Von der jeweiligen Werkstückspindel vom Shuttlesystem aufgenommen und gespannt, werden die Werkstücke in den Maschinen zeitparallel vierachsig gedreht und gebohrt. Ausgestattet sind die Maschinen je mit zwei Bearbeitungsräumen für OP10 und OP20, Doppelspindel, zwei unabhängig verfahrbaren Kreuzschlitten sowie Bauteilwendeeinrichtung und Mehrstationen-Werkzeugrevolvern. Vor der Zerspanung erfasst ein speziell ausgelegter CCD-Sensor die Winkellage, auf Basis derer die ideale Werkstückpositionierung erfolgt, die bei der Übergabe zwischen OP10 und OP20 von einem integrierten Messtaster geprüft und sichergestellt wird. Gleicher Messtaster ermöglicht zudem eine optimale Schwesterwerkzeugverwaltung, indem die Maschine einen Testschnitt mit anschließender Vermessung durchführt. Einrichtaufwände und Bearbeitungsergebnisse können auf diese Weise unmittelbar anhand der Maschinensteuerung überwacht werden. Der Komplettbearbeitungsprozess umfasst u.a. die Weichdrehbearbeitung der Außenkontur zur Aufnahme des Kronenrades, das später mit einem Zylinderrad zusammenwirkt, sowie das mit einer Positioniergenauigkeit von weniger als 20 µm hochpräzise Einbringen und Ausspindeln von Aufnahmebohrungen für die Ausgleichskegelräder. Die exakte Fertigung jener Aufnahmebohrungen ist für das einwandfreie Funktionieren des Differentials von elementarer Bedeutung

#### Spezielle Messdatenrückführung für konstant hohe Bearbeitungsgüte

Die eingesetzten Maschinen – sowohl für die rechte als auch die linke Gehäusehälfte – verfügen über eine integrierte Messstation, in der die Komponenten nach der Zerspanung im Zuge einer Postprozess-Messung



automatisch ganzheitlich vermessen werden und die auf diese Weise sämtliche Bearbeitungsdaten erfasst. Der Vorteil hierbei: Die Messvorgänge verlaufen taktzeitparallel und wirken sich somit nicht negativ auf den Linientakt aus. Über die speziell konzipierte Messdatenrückführung werden die erreichten Bearbeitungsergebnisse an die Fertigungszelle zurückgespielt, die diese bspw. nutzt, um auf Basis präziser statistischer Auswertungen thermische Drifts der Bearbeitungsmaschinen wirksam hinsichtlich der Bearbeitung der Folgebauteile zu kompensieren – zur Gewährleistung konstant hoher Fertigungsqualitäten. Die Fertigungszelle arbeitet damit in einem geschlossenen Regelkreis und stößt zu 100 % geprüfte Werkstücke aus.

Im Anschluss erfolgt mittels eines integrierten Faserlasers inklusive Scanneroptik die Markierung der Werkstücke mit einem DotMatrix-Code, der alle Produktionsdaten einschließlich des Bearbeitungsdatums enthält und dem späteren Endanwender so die exakte Rückverfolgbarkeit eines jeden Gehäuseteils erlaubt. Abschließend werden die Werkstücke vom Roboterarm aufgenommen, auf dem Conveyorsystem ablegt und mithilfe dessen aus der Fertigungszelle geführt.

#### Garantierte Taktzeit und Bauteilgüte

Als Generalunternehmer liefert die PITTLER T&S GmbH diese individuelle Kundenlösung zur flexiblen, hocheffizienten Endbearbeitung von Ausgleichsgehäusen für Differentialgetriebe einschließlich Taktzeit- und Qualitätsgarantie. Die Fertigungszelle wurde in die vorhandene Infrastruktur aus Zu- und Abflussbändern des chinesischen Kunden implementiert und sendet dort aktuelle Produktionsdaten an ein sog. Manufacturing Execution System, das sich durch eine unmittelbare Anbindung an sämtliche verteilten Systeme der Prozessautomatisierung auszeichnet. Dies erlaubt eine Steuerung und Kontrolle der Produktion in Echtzeit. ■

Autor:

Dr.-Ing. Markus Vos, Geschäftsführer  
PITTLER T&S GmbH



#### Differential gears

Differential gears, or just differentials for short, are essential components in any passenger car and commercial vehicle. They distribute the drive power evenly to the driven wheels and ensure that when the vehicle takes a curve, the wheels turn at different speeds but with identical propulsion power. They dynamically compensate the different rotational speeds of the wheels on the inside and outside of the curve, which is why they are known as „compensating gearboxes“.

In rear-wheel drive commercial vehicles, particularly trucks, the differential usually sits in a separate gear case at the rear axle. This gear case consists of two individual case halves that are eventually bolted together.

**The complex task: development and realisation of a concept for end processing of rotating differential cases for differential gears in the commercial vehicle industry with medium batch sizes and all different workpiece geometries. The innovative solutions by PITTLER T&S GmbH: a highly efficient production cell including three machines, integrated measuring system and flexible robot automation for maximum processing accuracy to satisfy the strictest requirements in terms of both flexibility and process automation.**

PITTLER T&S GmbH from Dietzenbach in South Hesse/Germany is part of the DVS TECHNOLOGY GROUP and offers decades of experience and extensive expertise when it comes to building machine tools for efficient processing of various components of differential gears. The company's portfolio extends from single process machines, e.g. for turning bevel gear blanks, through to integrated production solutions that can be upgraded with tailored measurement and automation concepts for combination or even complete processing with various machining technologies. A special role in this development that has turned standard lathes into universal turning centres combining various different production technologies has

been played particularly by PITTLER T&S's innovative machining units, such as the universal machining head with rigid lathe holder and integrated high-powered motor spindle.

#### Integrated robot automation and measuring station

This year the DVS company from Dietzenbach was entrusted with devising and implementing a concept for the machining of rotating differential cases for differential gears on behalf of China's largest commercial vehicle manufacturer. The special challenge consisted in the fact that the components were truck parts in medium batch sizes with a wide range of different workpiece geometries. The customer made enormous demands in terms of automation in the production process while keeping the system flexible as well as

constantly safeguarding absolutely maximum machining accuracy. The solution implemented by PITTLER T&S GmbH taking special account of these requirements comprises a highly efficient production cell with three processing machines, an integrated measuring station and flexible robot automation.

A conveyor system brings the blanks of both left and right case halves are brought to the production cell. The workpieces are picked up by a central industrial robot in the middle of the cell with a gripper arm that covers the entire range of geometry of the different parts and therefore rules out the need for retooling. While picking up the workpieces, the robot checks before they are actually clamped whether the production program selected by the control software is adequate for machining the respective case. Depending on whether this is a left or right case half, the automatic robot then feeds the parts via a shuttle system into the successful machines type PITTLER PV SL2 2-2. Right case halves are processed in two machines, while the left halves pass through just one machine because they do not need mounting bores. Due consideration is thus given to the differing cycle times in the production of the two case halves. The high-output production cell thus produces a right and a left case half every three and a half minutes.

The workpieces are held and clamped by the respective workpiece spindle from the shuttle system for four-axis turning and drilling in the machines all at the same time. The machines each have two machining rooms for OP10 and OP20, double spindle, two independent compound slides together with part turning device and multi-station tool turrets. Before the parts are machined, a specially designed CCD sensor registers the angular position that acts as the basis for the ideal workpiece positioning which is checked and assured by an integrated measuring sensor at the transition from OP10 to OP20. The same measuring sensor also permits optimum sister tool management with the machine performing a test cut with subsequent measurement. The machine control thus directly monitors set-up effort and machining results. The complete machining process includes among others soft turning of the outer contour to take the crown gear which will interact with a cylinder wheel, as well as high-precision application and spindling of mounting bores for the differential bevel pinions, with positioning accuracy of less than 20 µm. The exact production of these mounting bores is of elementary significance for perfect functioning of the differential gear.

#### Special measured data feedback for constantly high machining quality



The installed machines – for both the right and the left case halves – have an integrated measuring station for automatic complete measurement of the components after machining as part of post-process measurement, thus recording all machining data. The advantage of this particular solution is that the measurements are taken parallel to the cycle time without any negative impact on the line cycle. The specially devised measured data feedback sends the machining results back to the production cell where precise statistical evaluations permit effective compensation of thermal drift in the processing machines for the following components, warranting constantly high production quality. The production cell thus works in a closed loop system with an output of workpieces that are 100% tested.

The workpieces are then marked with a dot matrix code by an integrated fibre laser including scanner optic; the code contains all production data including the processing date which gives the final user exact retraceability of every case part. Finally, the workpieces are picked up by the robot arm and placed on the conveyor system which takes them out of the production cell.



#### Guaranteed cycle times and part quality

Working as general contractor, PITTLER T&S GmbH supplies this individual customer solution for flexible, high-efficiency machining of cases for differential gears including cycle time and quality guarantee. The production cell was integrated in the existing infrastructure of the Chinese customer's infeed and outfeed conveyors; it sends current production data to a so-called manufacturing execution system which stands out by being directly connected to all remote process automation systems, for real-time production management and control. ■

Author:  
Dr.-Ing. Markus Vos, Managing Director  
PITTLER T&S GmbH