

Stillstand bei hohen Drehzahlen

Sonderplanetengetriebe im Einsatz bei der Elektromotorenfertigung



Statoren von Elektromotoren für Großserienprodukte werden auf hoch automatisierten Anlagen gefertigt. Eine Kernanwendung ist das Wickeln der Spulen für den Stator. Hier ist Präzision und Geschwindigkeit gefragt. Ein Planetengetriebe in Sonderausführung sorgt für reibungsloses Drahthandling.

Bei der Herstellung von Statorpaketen von Elektromotoren in hohen Stückzahlen, z. B. für Kühlschränke oder Waschmaschinen, werden hochintegrierte und automatisierte Fertigungsanlagen eingesetzt. Zur Verringerung der Durchlaufzeiten werden die Taktzeiten für das Wickeln der einzelnen Spulen kontinuierlich reduziert. Dadurch bedingt erhöhen sich die erforderlichen Drehzahlen der Wickelmaschinen bei gleichzeitig höherer Drahtgeschwindigkeit.

Die einzelnen Spulen der Wicklungen werden im hier vorgestellten Maschinenkonzept über eine stillstehende Schablone gewickelt und anschließend lageorientiert abgelegt. Der Kupferdraht wird dazu senkrecht von oben in die Wickelmaschine eingeführt und unter Umgehung aller Befestigungselemente radial nach außen geführt. Über eine Drahtführung gelangt der Kupferdraht bis auf Höhe der Schablone. Das Drehen der Führung wickelt den Draht um die

Schablone. Zur Herstellung maßhaltiger Wicklungen muss die Schablone immer exakt stillstehen.

Das Prinzip

Die widersprüchlichen Anforderungen, einen Draht durch ein feststehendes Rohr radial nach außen zu führen und gleichzeitig um 360° rotieren zu lassen, wurden durch ein Sonderplanetengetriebe gelöst. Planetengetriebe haben bauartbedingt einige Vorteile gegenüber normalen Stirnradgetrieben. Es lassen sich z. B. Drehbewegungen auf Räder übertragen, die auf einem umlaufenden Steg gelagert sind. Dieses auf den ersten Blick abstrakt formulierte Prinzip wurde bei dem hier beschriebenen Stützgetriebe angewandt (Bild 2). Das Drahtwickelgetriebe kommt im Aufbau mit relativ wenigen Elementen aus. Angetrieben wird das Getriebe über den Planetenträger oder Steg.

Das obere Sonnenrad ist fest mit dem Getriebegehäuse verbunden, während das untere Sonnenrad frei drehbar in das Gehäuse eingefügt ist. Das Planetenrad (es wird hier nur ein Planetenrad eingesetzt) ist als Doppelplanetenrad ausgeführt. Im Gegensatz zu gängigen Planetengetrieben wird beim Drahtwickelgetriebe kein Hohlräder verwendet. Wird nun das Drahtwickelgetriebe über den Steg angetrieben, kämmt das Doppelplanetenrad mit seinen beiden Verzahnungen mit den Sonnenrädern. Exakt gleiche Verzahnungsdaten gewährleisten eine Gesamtübersetzung von 1. Da das Sonnenrad 1 über die Hohlwelle fest mit der Maschine verbunden ist, führt das Sonnenrad 2 ebenfalls keine Bewegung aus. Der Drahtauslass ist um 180° versetzt zum Planetenrad angeordnet und fest mit dem Steg verbunden. Durch diese konstruktive Lösung kann der Draht von oben in die Hohlwelle eingeführt, in der Getriebemitte um 90° umgelenkt, nach außen geführt und um 360° gedreht werden.

Die Lösung

Das Drahtwickelgetriebe WM 4.3 (Bild 1) ist eine kompakt aufgebaute Einheit mit integrierter An- und Abtriebslagerung. Vorgesehen für den Einsatz in hochproduktiven Maschinen im 3-Schichtbetrieb, orientierte sich die Gestaltung des Getriebes an größtmöglicher Ausfallsicherheit, Wartungsfreundlichkeit und Robustheit. Dies beginnt schon bei der Auswahl der Werkstoffe.

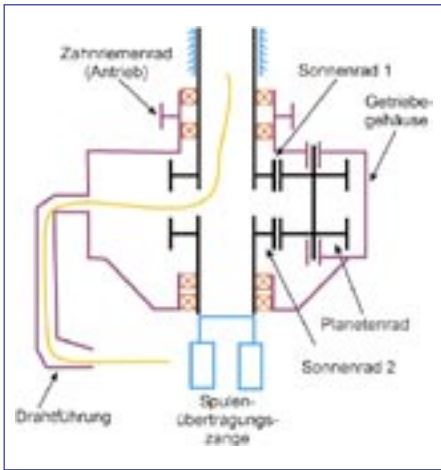


Bild 2: Das Prinzip des Wickelgetriebes



Bild 3: Die Wickelmaschine entspricht den Anforderungen der Anwender

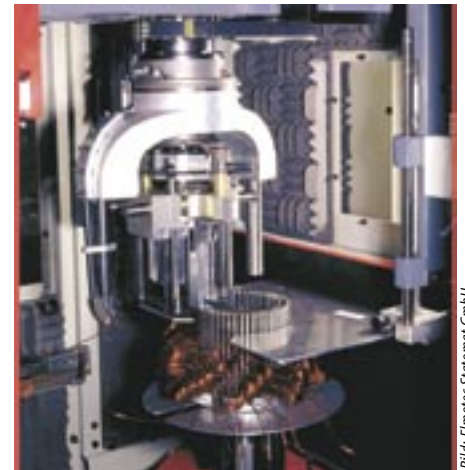


Bild 4: Blick in die Wickeleinheit mit Drahtdurchführung und Spulenübertragungs-zange

Alle Gehäusebauteile (= der Steg) sind aus einer hochfesten Alu-Legierung gefertigt und zum Schutz vor Umgebungseinflüssen mit Hartcoat beschichtet. Hauptgrund für die Auswahl von Aluminium war möglichst geringes Gewicht und damit auch niedrige Massenträgheitsmomente um hohe Beschleunigungen im Bearbeitungszyklus zu realisieren. Die Antriebsschnittstelle in

mit einem speziellen Lagerkonzept aus vorge-spannten Rillenkugellagern, eingeschränkter Lagerluft und definierter Lageranstellung.

Herzstück des Harmonic Drive Drahtwickelgetriebes sind die Verzahnungsteile Sonnenrad und Doppelplanetenrad. Bei der Auslegung und Herstellung der Verzahnung ist absolute Präzision gefordert. Beim Wickeln der Spulen wird das

konzept mit getrennter Fettschmierung von Verzahnung und Lagerung. Für erweiterte Schmierintervalle und Notlaufeigenschaften sind an mehreren Stellen im Getriebe Fettservoirs vorgesehen. Für größte Laufruhe wird das Getriebe nach der Montage befettet, mit zusätzlichen kundenspezifischen Anbauteilen versehen und dynamisch gewuchtet.

■ Planetengetriebe können auch anwendungsspezifisch modifiziert werden ■

Form eines Zahnriemenrades ist in die Gehäuseform integriert und wird mit diesem in einem Arbeitsgang hergestellt. Resultat ist eine hohe Rundlaufgenauigkeit, was sich bei den hohen Drehzahlen mit einer guten Laufruhe des Zahnriemens bemerkbar macht. Flanschteile, die zur Anbindung an die Maschine und als Lagersitze dienen, sind aus korrosionsgeschütztem Stahl gefertigt.

Die Anforderungen an Rund- und Planlauf sowie Steifigkeit der Lagerung an der geteilten Hohlwelle sind hoch. Es müssen beispielweise Rund- und Planläufe von 0,02 mm bei kurzem Lagerabstand und hohen Radialkräften eingehalten werden. Realisiert wird diese Genauigkeit

Getriebe laufend mit wechselnder Drehrichtung betrieben. Im Umkehrpunkt muss das Spiel zur Vermeidung von Schwingungen der Schablone in einem Bereich von kleiner 7 Winkelminuten liegen. Die Zahnräder mit optimierter Schrägverzahnung sind aus hochfesten Werkstoffen gefräst und werden nach der Wärmebehandlung geschliffen. An die Lagerung des Planetenrades werden höchste Anforderungen gestellt. Bei einer Antriebsdrehzahl von 4000 min^{-1} rotiert das Planetenrad beispielsweise mit ca. 12000 min^{-1} .

Die aus zwei selektierten Nadelkränzen bestehende Lagerung wurde in vielen Tests optimiert und weiterentwickelt. Abgestimmt auf die Lagerung und den Bewegungszyklus ist das Schmier-

Die Anwendung

Die Firma Elmotec Statomat GmbH produziert seit über 50 Jahren halbautomatische Einzelmaschinen und vollautomatisierte Fertigungslinien zur Herstellung von Statorn und Alternatoren. Die neueste Generation von Wickelmaschinen mit Windows basierender CNC Steuerung fertigt vollautomatisch konzentrische Spulenwicklungen für Statorn von Elektromotoren (Bild 3). Diese hochproduktiven Maschinen werden z. B. bei der Fertigung von Haushaltsgeräten oder in der Automobilindustrie eingesetzt.

Kernbauteil ist die Wickeleinheit mit Drahtführung und Spulenübertragungs-zange (Bild 4). Der Kupferdraht wird von oben zentrisch in das Wickelgetriebe eingeführt und in der Mitte mit Hilfe einer eingesetzten Drahtführung nach außen umgelenkt. Der Draht gleitet anschließend über den sogenannten Flyer und ein Drahtführungsrohr nach unten und tritt im Bereich der Spulenübertragungs-zange nach außen. Durch Drehen des Wickelkopfes mit bis zu 4000 1/min wird nun die Wicklung erzeugt. Dabei wickelt sich der Draht um die am unteren Ende angeordnete Spulenübertragungs-zange. Zur Vermeidung von Geometrieabweichungen muss der gesamte Komplex der Spulenübertragungs-zange exakt stillstehen. Nach dem Fertigstellen einer Wicklung wird diese abgelegt und die nächste Spule gewickelt.

Auf den Punkt gebracht

Harmonic Drive ist seit vielen Jahren als Hersteller von extrem präzisen Getrieben mit hohen Untersetzungen bekannt. Mit dem Produktspektrum Planetengetriebe erweiterte man das Programm im Bereich von Untersetzungen < 45. Neben den Standard-Servogetrieben HPG mit Spiel < 1 Winkelminute entwickelt und fertigt Harmonic Drive maßgeschneiderte, hochpräzise Planetengetriebe für vielfältige Anwendungen.

Das Wickeln von Statorn mit Hilfe eines Drahtwickelgetriebes ist eine nicht alltägliche Anwendung von Planetengetrieben. Harmonic Drive entwickelte das Wickelgetriebe in enger Zusammenarbeit mit dem Endkunden und passte es kontinuierlich an geänderte Anforderungen an. Sicherheit bei der Anwendung geben umfangreiche Tests unter Serienbedingungen bis hin zu einer Qualifizierung durch einen Lebensdauertest über 3000 Stunden. Langjährige konstruktive Erfahrung, Simulationstools und das umfangreich ausgestattete Prüflabor ermöglichen es exakt auf Kundenanforderungen zugeschnittene Sondergetriebe zu realisieren.

Ausführliche Informationen zum speziellen Getriebe sowie zum Getriebeprogramm des Anbieters

HARMONIC DRIVE..... 326