

Entwicklung miniaturhydraulischer Komponenten und Systeme am Beispiel autarker Werkstück-Spannvorrichtungen

Marcus Fischer

Inhalt der hier vorgestellten Dissertation ist die Entwicklung miniaturisierter Komponenten sowie von Schaltungs- und Regelungskonzepten für dezentrale Systeme, am Beispiel hydraulisch betätigter Werkstück-Spannvorrichtungen. Zwar hat sich die Hydraulik für Spannfunktionen in der automatisierten Fertigung etabliert, Probleme - wie Leckagen und Lufteintrag - treten jedoch insbesondere bei der Verwendung von Kupplungssystemen zum zentralen Hydraulikaggregat der Werkzeugmaschine auf.

In diesem Punkt setzt die Arbeit an und zeigt Konzepte hydraulisch autarker Spannvorrichtungen auf, die über eine miniaturisierte, vorrichtungsinterne Versorgung und Steuerung und demzufolge über rein elektrische Schnittstellen zur Maschinensteuerung verfügen (power-by-wire). Ein Schwerpunkt der Entwicklung ist dabei der Aufbau miniaturhydraulischer Komponenten für Betriebsdrücke bis zu 500 bar.

Eine adaptive Kolbenpumpe ermöglicht aufgrund einer speziellen Kolbengestaltung eine diskrete Reduzierung der förderwirksamen Kolbenfläche um ca. 65% bei erhöhtem Betriebsdruck, wodurch eine Adaption an die Erfordernisse eines typischen Spannzyklus und in etwa eine Halbierung der Antriebseckleistung erzielt wird. Die Fördercharakteristik der Einheit wird durch experimentelle Untersuchungen verdeutlicht. Weiterhin werden Konstruktionen piezoelektrisch betätigter Ventile - ein stetig verstellbares Miniatur-Drosselventil sowie pulsweitenmodulierte Schnellschaltventile - vorgestellt, die sich durch Grenzfrequenzen von etwa 600 Hz auszeichnen.

Neben den Prototypen dieser und weiterer Komponenten werden Strategien zur Druckregelung unter Verwendung der genannten stetigen und un stetigen Ventile aufgezeigt. Basis für letztere sind die verschiedenen Pulsmodulationsverfahren, deren Grundlagen für hydraulische Systeme kurz beschrieben werden. Mit Hilfe der dynamischen Simulation sowie zweier Optimierungsalgorithmen (Hooke und Jeeves, Evolutionsstrategie) wird eine Parametrierung der digitalen Regler vorgenommen und mit entsprechenden Messungen verifiziert.

Abschließend werden zwei realisierte Prototypen autarker Werkstück-Spannvorrichtungen vorgestellt und deren Funktionsfähigkeit anhand automatischer Spannzyklen belegt.