

Ausknöpfen von Nietverbindungen

Maschinentechnik / Betreuer: Beat Schmied

Experte: Felix Scheuter

Projektpartner: CADFEM Suisse AG und Industriepartner

Ausknöpfen von mechanischen Verbindungsmitteln (Nieten, Schrauben etc.) beschreibt die Versagensart, bei der sich aufgrund reiner Zugbeanspruchung das zu verbindende Material soweit elastisch und plastisch verformt, bis es über den Kopf des Verbindungsmittels rutscht.

Der Industriepartner möchte den von Eurocode 3 vorgeschriebenen, experimentellen Nachweis der Ausknöpfestigkeit bei tragenden Strukturen mittels durch Versuche verifizierten FEM-Simulationen effizienter gestalten.

Ausgangslage

Ausgangslage:

Das Regelwerk für Stahlkonstruktionen im Bauwesen, der Eurocode 3, bildet die Grundlage zur Auslegung von tragenden Strukturen. Zur Ermittlung der Grenzzugkraft für Ausknöpfen schreibt der Eurocode 3 vor, dass dies durch einen experimentellen Nachweis zu erfolgen hat. Da ein experimenteller Nachweis aufwändig und kostenintensiv ist, gab der Industriepartner bis anhin den Festigkeitsnachweis bei einem externen Ingenieurbüro in Auftrag. Dieses hat die Ausknöpfestigkeit mittels FEM-Simulationen im Hook'schen (elastischen) Bereich der Komponenten ermittelt. Der Industriepartner möchte nun den Nachweis intern führen.

Ziel dieser Thesis war, Grundlagen für FEM-Simulationen im elastischen und plastischen Bereich der Komponenten für die Nachweisführung zu erarbeiten und durch Versuche zu verifizieren.

Vorgehensweise:

Zusammen mit dem Industriepartner erfolgte die Definition der Versuchsreihen (4 Niettypen mit 3 Stahlblechdicken). Die Zugprobengeometrie und Einspannvorrichtung entsprachen dem Versuchsaufbau nach Klee/Seeger. Für die Simulation ist die Geometrie des gesetzten Niets durch Vermessen von erzeugten Schliffbildern nachmodelliert worden. Für plastische Berechnungen benötigt das FEM-Programm ANSYS-Workbench zusätzlich die Fließkurven des entsprechenden Werkstoffs. Die Fließkurven der verwendeten Stahlbleche waren durch Normzugversuche zu ermitteln.

Zur Verifizierung der Simulation sind auf der Zugmaschine die Kraft-Weg-Verläufe aufgenommen worden. Durch Vergleichen der Ergebnisse der Versuche mit denen der Berechnungen waren die sensitiven Parameter in der Simulation zu evaluieren.

Ergebnisse:

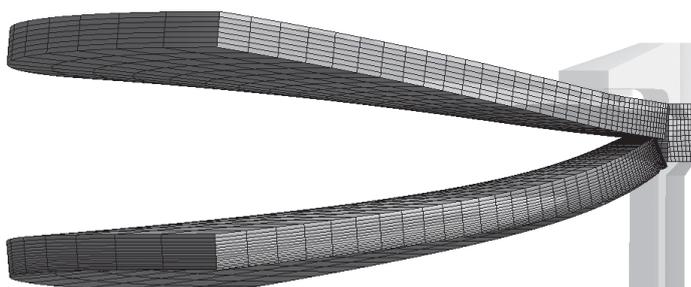
Die aus dem Normzugversuch bei verschiedenen Blechdicken, jedoch gleichem Werkstoff, ermittelten Fließkurven ergaben unterschiedliche Verläufe. Aus diesem Grund ist für die Simulation das Materialmodell in Abhängigkeit der Blechdicke zu wählen. Dank unterschiedlichen Versagensarten (Schaftbruch und Ausknöpfen am Schliesskopf) bei verschiedenen Blechdicken im Zugversuch sind wichtige Versuchsdaten zur Verifizierung der Simulationen gewonnen worden.

Mit der Simulation konnte das nichtlineare Materialverhalten gut nachgestellt und durch eine Sensitivitätsanalyse optimal an den Versuch angenähert werden. Das Versagenskriterium in der Simulation wurde wie folgt definiert: Überschreitet die berechnete plastische Vergleichsdehnung am Stahlblech, die aus der Fließkurve ermittelten plastischen Gleichmassdehnung, ist die Grenzzugkraft für das Ausknöpfen erreicht.



Lukas Weder

sakulredew@gmail.com



FEM-Simulation plastische Vergleichsdehnung