

Beobachtungen bei der makroskopisch homogenen Kaltverformung und deren Einfluss auf die Sprödbruchempfindlichkeit von Stahl

Abhandlung
zur Erlangung der Würde eines
Doktors der technischen Wissenschaften
der
EIDGENÖSSISCHEN TECHNISCHEN HOCHSCHULE
ZÜRICH

vorgelegt von

FAROUK AWAD IBRAHIM MOHAMED

B.Sc. Civil Eng., Alexandria University

geboren am 15. Mai 1937

Bürger der Vereinigten Arabischen Republik

Angenommen auf Antrag von
Prof. Ed. Amstutz, Referent
Prof. Dr. W. Epprecht, Korreferent

Beobachtungen bei der makroskopisch homogenen Kaltverformung und deren Einfluss auf die Spröbruchempfindlichkeit von Stahl

Zusammenfassung

An prismatischen Rundstäben aus einem Armierungsstahl wurden Reckungen bis 16 % und Längsstauchungen bis 66 % vorgenommen. Beim Recken von Stäben ohne Einspannköpfe unterbleibt die typische Ausbildung der oberen Fließgrenze, wobei sich die Dehnung kurz nach Überschreiten des ausgeprägten Fließbereichs gleichmässig über die freie Stablänge vollzieht. Beim Stauchen darf das Längen-Durchmesser-Verhältnis 2,7 nicht überschreiten, um grosse axialsymmetrische Stauchungen zu erzielen. Alle gestauchten Proben zeigten zwei Ausbauchungen in Endennähe und wiesen trotzdem die grösste Längsstauchung in der Mitte auf. Dies sowie das bei stark gestauchten Proben festgestellte Anlegen von Mantelflächenteilen an die Druckplatten konnten durch eine Verfeinerung der bisherigen Rutschkegeltheorie des Stauchversuchs erklärt werden. Während die Härtesteigerung durch Recken etwas geringer zu sein schien als durch Stauchen, kommen beide Kurven näher zusammen, wenn die logarithmische Dehnung als Verformungsmass benützt wird. Die Kerbschlagzähigkeit-Temperatur-Kurven zeigten eine ständige Verminderung des Hochlagewertes mit zunehmender Vorverformung, so dass dieser bei rund 70 % Stauchung völlig verschwindet, was eine vollständige Erschöpfung der Werkstoffzähigkeit bedeutet. Zugleich erfährt die Übergangstemperatur eine Rechtsverschiebung, die mit dem logarithmischen Vorverformungsgrad linear zunimmt und von rund -50°C (unverformt) bis ca. $+200^{\circ}\text{C}$ (bei 110 % Stauchung) reicht.

Résumé

Des éprouvettes cylindriques usinées à partir d'un acier d'armature ont été soumises à des allongements jusqu'à 16 % et à des compressions longitudinales de l'ordre de 66 %. Dans l'élongation de barres sans têtes d'amarrage, l'apparition caractéristique de la limite supérieure d'écoulement n'intervient pas, l'allongement se répartissant régulièrement, peu après le dépassement du domaine typique d'écoulement, sur la longueur libre de la barre. En compression, le rapport longueur/diamètre ne doit pas être supérieur à 2,7 si l'on veut obtenir d'importants écrasements axiaux restant symétriques. Toutes les éprouvettes comprimées ont accusé deux renflements dans le voisinage des extrémités, tout en présentant néanmoins la plus grande écrouissage longitudinale dans le milieu de la pièce. Ce fait, ainsi que le comportement des parties périphériques ex-

trêmes contre les plateaux compresseurs de la presse, tel que constaté pour les éprouvettes fortement écrasées, ont pu être expliqués par un approfondissement de la théorie actuelle de propagation des cônes de contrainte pour les essais de compression. Alors que l'augmentation de dureté semble être un peu plus faible en traction qu'en compression, les deux courbes se rapprochent davantage en utilisant l'allongement logarithmique en tant que mesure de déformation. Avec l'augmentation de l'écrouissage préalable, on a constaté une diminution continue du niveau supérieur de la courbe de résilience-température, de sorte que cette valeur disparaîtrait complètement autour de 70 % d'écrasement, ce qui signifie un épuisement total de la ténacité du matériau à cette déformation. En même temps, la température de transition subit un déplacement vers la droite qui augmente linéairement avec le degré logarithmique d'écrouissage préalable et passe approximativement de -50°C (état non déformé) à près de $+200^{\circ}\text{C}$ (compression à 110 %).

Summary

Cylindrical rods from a reinforcing steel were prestrained up to 16 % in tension and 66 % in longitudinal compression. Clamped tension rods without enlarged heads show no upper yield point, the strain shortly beyond the yield range is uniform over the free length. The length/diameter-ratio of compression specimens should not exceed 2,7 to sustain axial symmetry at large strains. All compressed specimens showed two bulges near the ends, yet the biggest longitudinal compressive strain was at the middle. The outer region in the base of severely compressed specimens could be detected as formerly belonging to the cylindrical surface of the uncompressed specimen. These observations were explained by refining the known theory of conical surfaces of slip in compression specimens. The increase in hardness due to tensile strain seemed to be less than after compression. The two curves, however, come close together, when the logarithmic strain is used. The energy/temperature-curves from notch impact tests showed a successively diminishing value at the high energy range with increasing prestrain, so that this value will vanish at 70 % precompression which means a total exhaustion of ductility of the material. Moreover prestrain causes a right-shift of the transition temperature which is proportional to the logarithmic prestrain and ranges from -50°C (no prestrain) to $+200^{\circ}\text{C}$ at 110 % precompression.