

Z. NOWAK\*, P. PERZYNA\*, R. B. PEŁCHERSKI\*

## DESCRIPTION OF VISCOPLASTIC FLOW ACCOUNTING FOR SHEAR BANDING

### OPIS LEPKOPLASTYCZNEGO PŁYNIĘCIA Z UDZIAŁEM PASM ŚCINANIA

The subject of the study is concerned with ultra fine grained (ufg) and nanocrystalline metals (nc-metals). Experimental investigations of the behaviour of such materials under quasistatic as well as dynamic loading conditions related with microscopic observations show that in many cases the dominant mechanism of plastic strain is multiscale development of shear deformation modes – called shear banding. The comprehensive discussion of these phenomena in ufg and nc-metals is given in [1], [2] and [3], where it has been shown that the deformation mode of nanocrystalline materials changes as the grain size decreases into the ultrafine region. For smaller grain sizes ( $d < 300$  nm) shear band development occurs immediately after the onset of plastic flow. Significant strain-rate dependence of the flow stress, particularly at high strain rates was also emphasized. Our objective is to propose a new description of viscoplastic deformation, which accounts for the observed shear banding. Viscoplasticity model proposed earlier by Perzyna [4], [5] was extended in order to describe the shear banding contribution. The shear banding contribution function, which was introduced formerly by Pełcherski [6], [7] and applied in continuum plasticity accounting for shear banding in [8] and [9] as well as in [10] and [11] plays pivotal role in the viscoplasticity model. The derived constitutive equations were identified and verified with application of experimental data provided in paper [2], where quasistatic and dynamic compression tests of ufg and nanocrystalline iron specimens of a wide range of mean grain size were reported. The possibilities of the application of the proposed description for other ufg and nc-metals are discussed.

*Keywords:* viscoplastic flow, shear banding, micro-shear bands, nanocrystalline metals, nc-metals, ultra fine grain (ufg) metals

Przedmiotem studiów są drobnoziarniste oraz nanokrystaliczne metale. Badania doświadczalne zachowania się takich materiałów w warunkach obciążeń quasistatycznych oraz dynamicznych, w powiązaniu z obserwacjami mikroskopowymi, wykazują, że w wielu wypadkach dominującym mechanizmem odkształcenia plastycznego jest wieloskalowy rozwój form ścinania – zwany zwojem pasmami ścinania. Wyczerpująca dyskusja tych zjawisk zawarta jest w [1], [2] i [3], gdzie wykazano, że forma odkształcenia w materiałach drobnoziarnistych zmienia się, kiedy rozpatrujemy materiały o coraz mniejszym ziarnie. Dla materiałów o średniej wielkości ziarna mniejszej niż 300 nm obserwuje się rozwój pasm ścinania zaraz po inicjacji odkształcenia plastycznego. Podkreślono także znaczący wpływ prędkości odkształcenia na naprężenie płynięcia. Naszym celem jest propozycja nowego opisu odkształcenia lepkoplastycznego, w którym uwzględnia się udział obserwowanego rozwoju pasm ścinania. Model lepkoplastyczności proponowany wcześniej przez Perzynę [4], [5] został rozszerzony z wykorzystaniem opisu udziału pasm ścinania. Podstawową rolę w proponowanym modelu lepkoplastyczności odgrywa funkcja udziału pasm ścinania wprowadzona przez Pełcherskiego [6], [7] i zastosowana w kontynualnej teorii plastyczności z udziałem pasm ścinania w [8] i [9] oraz w [10] i [11]. Dokonano identyfikacji oraz weryfikacji wyprowadzonych równań konstytutywnych z zastosowaniem danych doświadczalnych otrzymanych w testach quasistatycznego i dynamicznego ściskania dla serii próbek wykonanych z drobnoziarnistego i nanokrystalicznego żelaza o szerokim zakresie średniej wielkości ziarna [2]. Przedyskutowano możliwości zastosowania proponowanego opisu do innych metali o budowie drobnoziarnistej i nanokrystalicznej.

\* INSTITUTE OF FUNDAMENTAL TECHNOLOGICAL RESEARCH PAS, 00-049 WARSZAWA, 21 ŚWIĘTOKRZYSKA STR., POLAND