

— UNIVERSITE CATHOLIQUE DE LOUVAIN —
FACULTE DES SCIENCES APPLIQUEES
DEPARTEMENT DE SCIENCES DES MATERIAUX ET
PROCEDES
UNITE D'INGENIERIE DES MATERIAUX ET PROCEDES



**On the Interactions between Strain-induced
Phase Transformations and Mechanical
Properties in Fe-Mn-Si-Al Steels and
Fe-Ni-Cr Austenitic Stainless Steels**

by Arnaud Péteïn, MSc.

Membres du Jury :

Prof. F. Delannay (UCL – IMAP), Président

Prof. P. Jacques (UCL – IMAP), Promoteur

Prof. B. Blanpain (KUL – MTM)

Dr. J. Charles (Arcelor – Ugine & ALZ)

Dr. N. Gey (Univ. Metz, LETAM)

ABSTRACT (ENGLISH)

The continuously increasing use of automobiles all over the world, is making of gas effluents one of the major concerns for all modern societies. From economical and ecological points of view, everyone agrees on the fact that the consumption of fossil fuels for transport must decrease, particularly by vehicle weight reduction. Development of high performance materials at low cost is therefore needed.

In order to achieve this requirement, the present work aimed at investigating the interactions between straining and phase transformations in high performance steels that could meet the weight saving requirements. Indeed, a wide range of studies has shown that mechanically-induced phase transformations (TRIP effect) of the austenite may bring about improved mechanical properties in different steel grades.

Strain-induced phase transformations depend on two parameters : the relative stability and the stacking fault energy of the austenite, which are affected by different factors. The interactions between the phase transformations and the mechanical properties of different Ni-Cr and Mn-Si-Al grades were examined under various conditions of grain size, temperature or stress state. Particular relationships were clearly established between the phenomena taking place at the scale of the individual grains and at the macroscopic scale. The crystallographic mechanisms of the successive strain-induced phase transformations (austenite - ϵ -martensite - α' -martensite) has been clarified.

Finally, different techniques of grain refinement were used to process stainless steels with various grain sizes, assessing the efficiency of these techniques. Therefore, the kinetics of retransformation, recrystallisation and grain growth were studied. Grain refinement by cycles of phase transformations was found more effective than the classical deformation - recrystallisation method.

ABSTRACT (FRANÇAIS)

L'augmentation constante de la circulation automobile a travers le monde fait des effluents gazeux un des problèmes majeurs de toutes les sociétés modernes. Tant d'un point de vue économique et écologique, chacun s'accorde sur le fait que la consommation de carburants fossiles utilisés dans le transport doit baisser, principalement en réduisant le poids des véhicules. Le développement de matériaux à hautes performances et à bas prix est donc indispensable.

Pour atteindre cet objectif, cette étude visait à élucider les interactions entre la déformation et les transformations de phase dans les aciers à hautes performances qui pourraient remplir les conditions de réduction de poids. En effet, une large gamme de travaux a montré que les transformations de phase induites mécaniquement (effet TRIP) de l'austénite peuvent être à l'origine d'une amélioration des propriétés mécaniques dans de nombreuses nuances d'acier.

Les transformations de phase induites par la déformation dépendent de deux paramètres : la stabilité relative et l'énergie de fautes

d'empilement de l'austénite, qui sont affectés par différents facteurs. Les interactions entre les transformations de phase et les propriétés mécaniques de différentes nuances Cr-Ni et Mn-Si-Al furent examinées sous plusieurs conditions de taille de grain, de température et d'état de chargement. Des relations particulières furent établies entre les phénomènes qui se produisent à l'échelle des grains individuels et à l'échelle macroscopique. Les mécanismes cristallographiques des transformations de phase successives (austénite - martensite ϵ - martensite α') ont été mis en évidence.

Finalement, différentes techniques de raffinage de la taille de grain furent utilisées pour produire des aciers inoxydables comportant des tailles de grain variées, et l'efficacité de ces techniques a été comparée. Pour cela, les cinétiques de retransformation, recristallisation et croissance des grains ont été étudiées. La réduction de taille des grains par cycles de transformations de phase fut établie comme plus efficace que la méthode classique par déformation - recristallisation.