

Chapitre IV

RESULTATS ET INTERPRETATIONS

RESULTATS ET DISCUSSIONS

Afin d'étudier la résistance à la corrosion des revêtements de chrome sur trois aciers à outils, nous avons choisi comme paramètre l'épaisseur du revêtement. Nous avons fait varier la densité de courant et la température de déposition pour obtenir six valeurs de l'épaisseur.

IV.1 DURETES DES ACIERS :

Nous avons procédé à la mesure de la dureté des aciers étudiés avant et après les traitements thermiques de trempe et double revenu. Les résultats obtenus sont regroupés dans le tableau IV-1.

Tableau IV-1 Résultats des essais de dureté

Nuance	Dureté HB avant traitement thermique	Dureté HRC après traitement thermique
2	216.33	58.33
4	239	55.66
3	216.33	56

On remarque que la dureté obtenue est considérable, au-delà de 0,6 % de carbone, on atteint la zone des aciers à outils caractérisés par de hauts niveaux de dureté et qui correspondent au domaine des aciers de travail à froid.

A travers les données ci-dessus, il est à constater que les nuances 2 et 3 présentent les duretés les plus faibles avant traitement. Cependant, après traitement, leurs duretés augmentent considérablement. L'acier 2 acquiert la dureté la plus élevée, les aciers 3 et 4 ont des duretés proches. La dureté de l'acier 3 devait être plus grande après le double revenu car il renferme un taux important en éléments carburigènes (4 % Cr, 4.25 % Mo et 1 % V).

Le durcissement des trois aciers après le double revenu est dû à la précipitation des carbures de chrome, de molybdène, de vanadium et de Tungstène. L'effet est du surtout aux carbures de molybdène et de vanadium très durs et fins. Les aciers au Molybdène présentent, par rapport aux aciers au Tungstène, un certain nombre d'avantages et d'inconvénients :

- **Avantages** : meilleure ductilité et densité plus faible ; mise en solution plus facile des carbures de molybdène ;

- **Inconvénients** : plus grande sensibilité à la décarburation et au phénomène d'oxydation catastrophique pour des maintiens entre 1000 et 1100 °C, plus grande sensibilité au phénomène de surchauffe, d'où l'application de pression partielle à 900°C pour les aciers 2 et 3 contenant des pourcentages de Molybdène considérables.

Pour le 4 contenant 3,07% de Nickel et en raison de son influence plutôt défavorable sur la résistance aux revenus, ces derniers ont été faits à une température assez basse ; de l'ordre de 200°C.

IV.2 CARACTERISATION METALLURGIQUE DES DEPOTS DE CHROME :

Avant de procéder aux essais électrochimiques, nous avons caractérisé les dépôts de chrome obtenus par la mesure de la dureté, la mesure de l'épaisseur et par l'étude de la fissuration du dépôt.

IV.2.1 Microdureté des revêtements :

La microdureté des revêtements de chrome peut varier de 800 à 1200 Hv. Pour les dépôts obtenus à partir de chrome hexavalent, cette dureté chute notablement en fonction de la température de traitement.

Pour chaque échantillon, des mesures sont prises sur différents points de sa surface. Les valeurs moyennes de cette grandeur sont portées dans les tableaux IV-2 (a, b et c).

Tableau IV.2 Valeurs moyennes des duretés (Hv) obtenues sous charge de 100 g.

(a) Nuance 2

Echantillon	21	22	23	24	25	26
dureté (Hv)	950	946	850	866	891	813
i (mA/ dm ²)	40	50	60	30	50	50
Θ (°C)	50	50	50	50	60	40

(b) Nuance 3

Echantillon	31	32	33	34	35	36
dureté (Hv)	922	901	929	882	949	824
i (mA/ dm ²)	40	50	60	30	50	50
Θ (°C)	50	50	50	50	60	40

(c) Nuance 4

Echantillon	41	42	43	44	45	46
dureté (Hv)	866	920	893	950	1026	884
i (mA/ dm ²)	40	50	60	30	50	50
Θ (°C)	50	50	50	50	60	40

Les microduretés obtenues sont relativement élevées. D'une manière générale, il est à constater que cette propriété a évolué en premier lieu après traitement thermique des substrats, puis après chromage. D'après la théorie, cette évolution – après déposition de chrome- est due principalement à la faible dimension des cristallites, la présence des tensions internes et aux occlusions d'hydrogène. La liaison entre la dureté et la densité de courant de déposition est donnée par la figure IV-1.

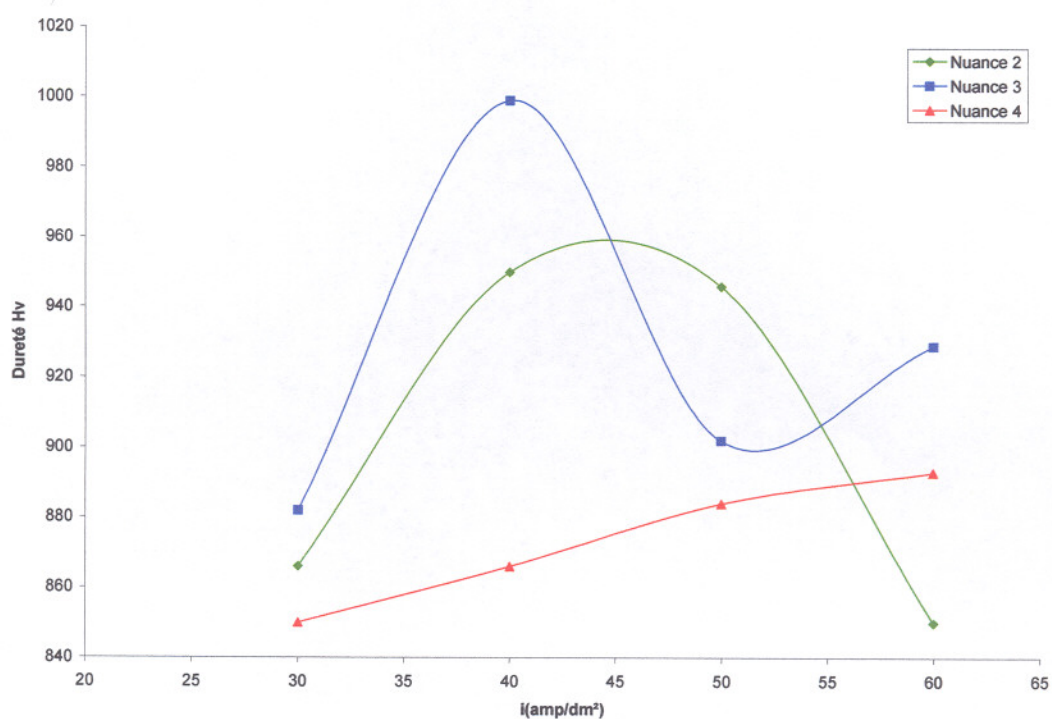


Figure IV-1 Effet de la densité de courant sur la dureté des dépôts

La figure IV-1 montre que la densité de courant provoque un durcissement de la couche de chrome par augmentation de son épaisseur. La microdureté de la couche n'est pas affectée par la nature du substrat. Les valeurs de la dureté sont proches dans les trois cas.

IV-2-2 Epaisseur des dépôts

Les mesures d'épaisseur ont donné les résultats présentés dans les tableaux IV-3 (a, b et c) suivants :

Tableau IV-3 Effets de la densité de courant et de la température sur l'épaisseur du dépôt de chrome

Nuance 2

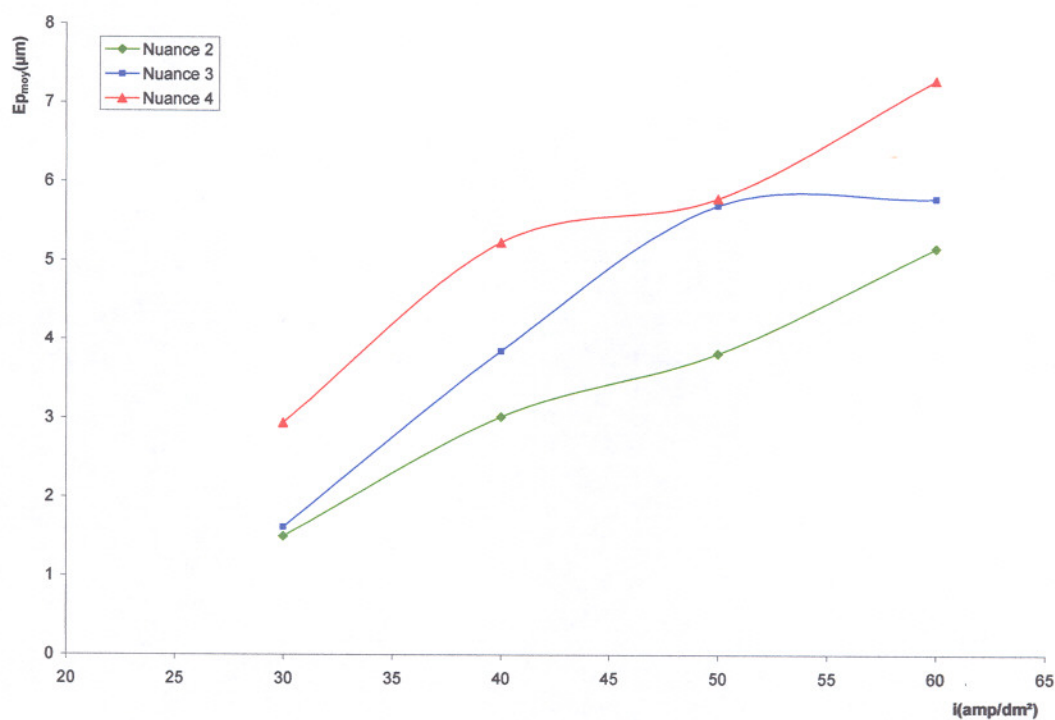
Echantillon	24	21	22	23	25	26
i (mA/ dm ²)	30	40	50	60	50	50
Θ (°C)	50	50	50	50	60	40
Ep moy (µm)	1,5	3,02	3,82	5,16	3,76	1,35

Nuance 3

Echantillon	34	31	32	33	35	36
$i(\text{mA/ dm}^2)$	30	40	50	60	50	50
$\Theta (^{\circ}\text{C})$	50	50	50	50	60	40
E_p moy (μm)	1,61	3,85	5,7	5,79	4,50	1,56

Nuance 4

Echantillon	44	41	42	43	45	46
$i (\text{mA/ dm}^2)$	30	40	50	60	50	50
$\Theta (^{\circ}\text{C})$	50	50	50	50	60	40
$E_{pmoy} (\mu\text{m})$	2,94	5,23	5,79	7,29	5,37	2,22



FigureIV-2 Effets de la densité de courant sur l'épaisseur

L'augmentation de la densité de courant provoque la croissance de la couche du revêtement. D'après les résultats, la croissance est plus importante pour la nuance 3.

IV-2-3 Fissuration

Le dépôt de chrome dur est dans la majorité des cas microfissuré : le nombre et la taille des microfissures dépendent essentiellement de la nature du catalyseur utilisé, de l'état du substrat, ainsi que du courant utilisé pour réaliser le dépôt. Les figures IV-3 et IV-4 illustrent l'un des exemples des aspects superficiels des dépôts de chrome (épaisseur 4 μm).

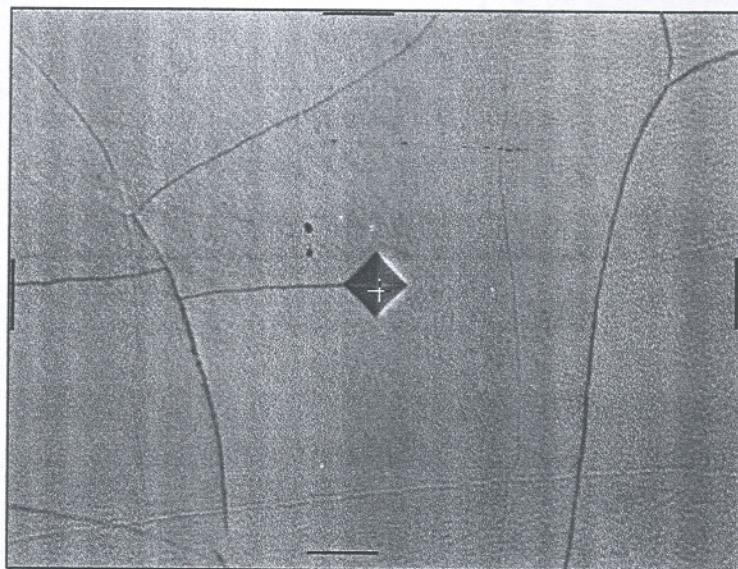


Figure IV-3 Fissuration des dépôts de chrome $G = 40$, $T^\circ = 50^\circ\text{C}$, $i = 50\text{ A/dm}^2$).

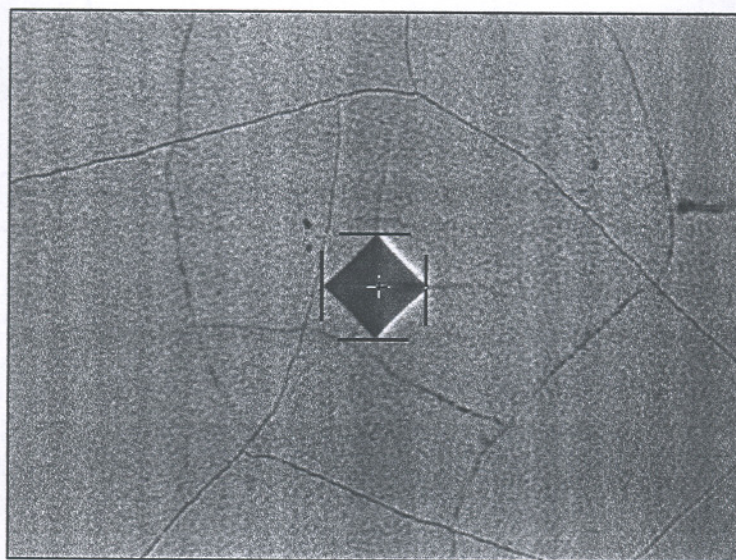


Figure IV-4 Surface d'un revêtement de chrome ($G = 40$, $T = 50^\circ\text{C}$, $i = 40\text{ A/dm}^2$).

IV.3 CARACTERISATION ELECTROCHIMIQUE :

IV.3.1. Comportement des substrats

La démarche expérimentale adoptée vise d'abord à déterminer le comportement de chaque métal seul, puis le comportement de l'ensemble lorsque les métaux sont revêtus. L'ensemble des expériences a été mené dans l'eau salée.

L'étude du comportement à la corrosion des substrats a été faite après traitements thermiques. Les résultats relatifs aux variations du potentiel d'équilibre en fonction du temps pour les substrats sont résumés par la figure IV-5. Il est à remarquer que les trois allures des courbes sont décroissantes jusqu'à une certaine limite (forme (c) de la figure III-4), ce qui indique la présence d'une faible attaque à l'immersion pour les trois nuances.

Selon leurs potentiels d'équilibre, le matériau le plus noble étant le AC46 et le moins noble est le AC26. Dans tous les cas, l'écart de potentiel entre la plus grande et la plus petite valeur est de l'ordre de 100 mV. Pour les trois substrats, les potentiels sont compris entre -500 et -600 mV/ECS.

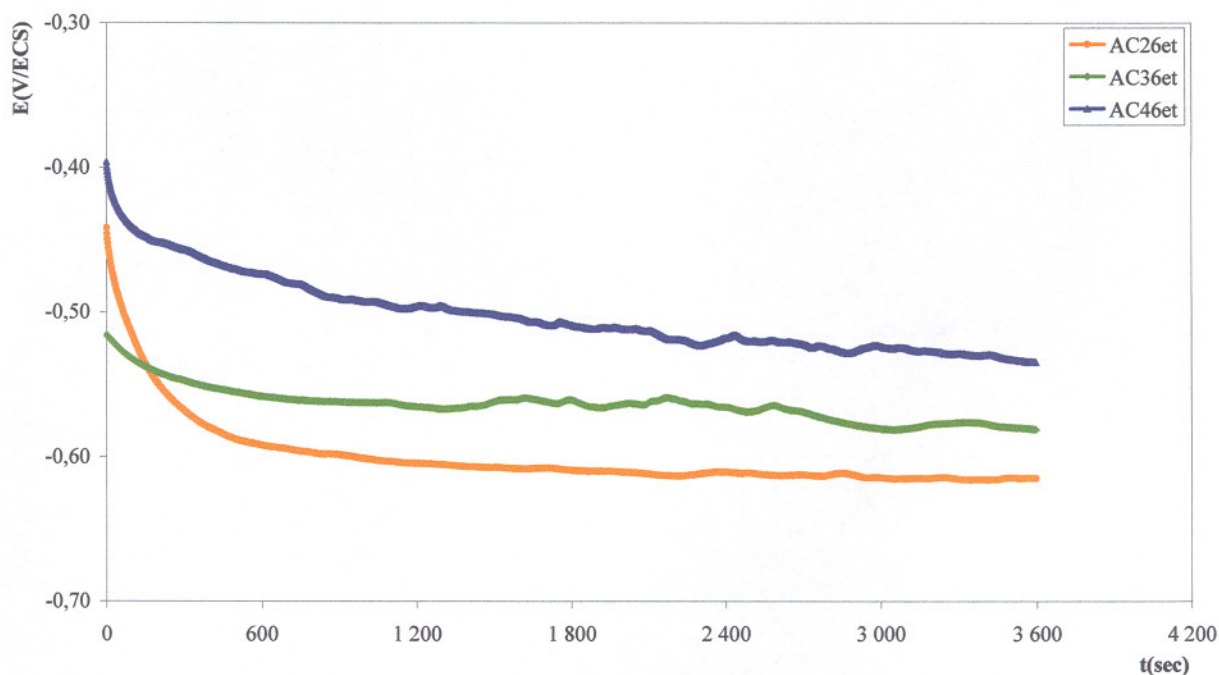


Figure IV-5 Variations des potentiels d'équilibre en fonction du temps en milieu NaCl 30 g/l aéré pour les trois nuances utilisées.