République Algérienne démocratique et populaire Ministère de l'enseignement supérieur et de la recherche Scientifique

Université Dr. yahia Fares de Médéa



Faculté de Science et de la Technologie Département du Génie de la Matière Filière Génie Mécanique

Option :Ingenere des materiaux et des surface Mémoire de fin d'étude pour l'obtention du diplôme de master

(LMD) En Génie mécanique

THEM :

Etude structurale et mécanique d'un acier au carbone .

Présenté par :

- **Bouaicha Abdelhak**
- **Berramdani Younes**

Proposé Par:

- Mr. Rabhi Selma

Année univrsitaire 2022/2021

Remerciements :

Nous profitons de cette occasion pour exprimer notre profonde gratitude et nos sincères prières à Dieu Tout-Puissant. Nous ne manquerons pas d'exprimer nos sincères remerciements à tous ceux qui ont contribué de près ou de loin à la réalisation de ce modeste ouvrage, avec une attention particulière à notre encadrante, Mme Rabhi Selma, qui n'a cessé d'encadrer, de conseiller, d'orienter et d'encourager. . Nous n'oublierons pas la participation active de l'ECOLE NATIONALE SUPERIEURE DES MINE ANNABA et de la Société POVAL Berrouaghia. Et nos professeurs qui nous ont suivis tout au long de notre carrière de premier cycle au Département de génie mécanique. Merci à tous pour votre soutien, votre aide et votre compréhension.

Nous dédions ce travail à

Nos chers parents, chères sœurs et

Nos frères de famille

A tous nos professeurs et

Collègues du département

ingénierie

matériel et

surfaces

Pour tous ceux qui nous aiment.

Bouaicha Abdelhak

et

Berramdani Younes

RESUME

Une étude basiqued'un acier à usage général a été faite. L'acier étudié est un acier faiblement alliée et a un faible teneur en carbone qui ne dépasse pas 0.2%.Le rond à bétona été caractérisé par une analyse des chimiques pour savoir les teneurs de certains éléments ;une métallographie a été fait pour voir la microstructure de notre échantillon et par la fin des essais mécaniques (traction, dureté, résilience) ont été effectuées pour établir les propriétés mécanique de cet échantillon.

Mots clés :

traction, dureté, résilience, microcomposants, ferrite, perlite

ملخص

تم عمل دراسة أساسية لصلب للأغراض العامة. الصلب المدروس عبارة عن فولاذ منخفض السبائك ويحتوي على نسبة منخفضة من الكربون لا تتجاوز 0.2٪. تميزت حديد التسليح بالتحليل الكيميائي لمعرفة مستويات بعض العناصر. تم عمل علم المعادن لمعرفة البنية المجهرية لعينتنا وفي نهاية الاختبارات الميكانيكية (الشد والصلابة والمرونة) تم إجراؤها لتحديد الخصائص الميكانيكية لهذه العينة.

الكلمات المفتاحية:

الشد ، الصلابة ، المرونة ، المكونات الدقيقة ، الفريت ، البرليت.

Abstract

A basic study of general purpose steel was done. The considered steel is a low-alloy steel with a low carbon content of not more than 0.2%. Rebar was characterized by chemical analysis to find out the levels of some elements. Mineralogy was done to know the microstructure of our sample and at the end of the mechanical tests (tensile, hardness and elasticity) were performed to determine the mechanical properties of this sample.

Key words :

Tensile, hardness, elasticity, fine components, ferrite, pearlite

Sommaire

Sommaire :

Résumé 01

Sommaire 03

Liste des figures.....05

Liste des tableaux.....08

Introduction générale.....10

Chapitre I :état de l'art sur les aciers

I.1. Généralité sur les alliages Fer – Carbone …….....12

I.1.1. Introduction 12

I.1.2.Désignation des aciers …….....12

I.1.3 Diagramme Fe-C …….....14

I.1.4.Propriété physico-chimiques et mécaniques du l'acier ….....15

I.2. Elaboration de l'acier ……..... 21

I.2.1. Procédé Bessemer 21

I.2.2. Procédé Thomas 22

I.2.3. Elaboration de l'acier au four électrique 22

I.2.4. Coulée de l'acier …….24

Chapitre II: Partie experimentales

II.1.Introduction ……..28

II .2. Découpage ……..…….28

II.3.Les Essais mécaniques 29

II.3.1. Essai de traction..... 29

II.3.2. Essais de résilience..... 30

II.3.3. Essais de dureté..... 32

II.4.Préparation Métallographique ……..…….……...34

II.4.1.Enrobage.....34

II.4.2.Polissage.....35

II.4.3.Attaquechimique.....36

II.4.4.Microscopie optique 37

II.5.Analyse chimique de rond à béton 38

Chapitre III : Résultats et Discussion

III .1. Introduction ……..……..41

III .2. L'analyse chimique des échantillons…….41

III .3. La morphologie des échantillons…….……..42

III .4. Les essais mécaniques ……..….44

III .4.1. Résultats obtenus par des essais mecaniques rond à béton utilisés ……..…44

III .4.2. Discussion……..….44

Conclusion Générale ……...……46

Références.....48

Sommaire

Liste des figures :

Figure	Titre	Page
	Chapitre I :état de l'art sur les aciers	
Figure 1	Le diagramme fer-carbone	**14**
Figure 2	Arrangement atomique dans (a) une structure cubique à faces centrées (austénite) et (b) structure cubique centrée (ferrite)	**15**
Figure 3	Variation des propriétés mécaniques (R_e,R_m , et A) d'un laiton (Cu - 35 % Zn) en fonction de la réduction de section par laminage	**17**
Figure 4	Influence d'une entaille sur la variation de la résistance à la traction , R. , en fonction de la température . Plus l'entaille est aiguë , plus la température de transition ductile fragile , θ_t , est élevée	**18**
Figure 5	Courbes conventionnelles typiques de traction	**19**
Figure 6	Convertisseur à soufflage latéral	**21**
Figure 7	Four électrique à arc d'une capacité de 80 tonnes	**23**
Figure8	Coulée en chute de l'acier : 1-poche ; 2- entonnoir ; 3-rallonge ; 4-lingotière	**25**
Figure 9	Couléeen source de l'acier 1- lingotière ; 2 - support ; 3- chenaux de coulée ; 4 - jet de coulée principal ; 5 poche ; 6 - poids ; 7 - fixation du jet de coulée principal.	**26**

Sommaire

Chapitre II: Partie experimentales		
Figure10	Machinemicro-tronçonneuse	**28**
Figure11	l'échantillonl'essai de traction	**29**
Figure12	Machine utilisée pour les essais de traction au SONACOM de El Barouguia	**30**
Figure13	Schémadeprincipedel'essai derésilience	**31**
Figure 14	à gauche schéma représentative de l'EprouvetteCharpyU en dimension réal et à droite schéma représentative de EprouvetteCharpyV en dimension réal	**32**
Figure 15	Machine de résilience à l'ENSMM – Annaba	**32**
Figure 16	Principe de dureté	**33**
Figure 17	machine de dureté (DUROMETRE ROCKWELLE) à l'ENSMM – Annaba	**34**
Figure 18	Machine d'enrobage à l'ENSMM – Annaba	**35**
Figure 19	Exemple de rugosité et de profondeur peturbée un matériau méttallique après polis-sage (d'après petzow)	**36**
Figure 20	polissage avec disque abrasif à l'ENSMM – Annaba	**36**
Figure 21	reactif d'attaque chimique	**37**
Figure 22	Microscope optique(Nikon)	**38**
Figure 23	à gauche Analyseur de carbone / soufre et à droit échantillon Analyseur de carbone / soufre	**39**
Chapitre III : Résultats et Discussion		
Figure 24	Microstructure de l'acier rond à béton utilisés	**42**
Figure 25	Microstructures des TGL15477/02 au Société POVAL Berrouaghia.	**43**

Liste des tableaux :

Tableau	Titre	Page
Chapitre III : Résultats et Discussion		
Tableau 1	résultat de l'Analyse chimique de rond à béton de notre échantillon	**41**
Tableau 2	résultats de l'Analyse chimique de rond à béton élaboré à AQS	**41**
Tableau 3	resultats des essais mecaniques	**44**
Tableau 4	les résultats de l'essai de traction des deux échantillons	**44**

Introduction Générale

Introduction Générale :

Les aciers de construction à faible teneur en carbone sont utilisés dans une large et diverse gamme d'applications, y compris les bâtiments, les ponts, les récipients sous pression, les navires et véhicules hors route. Plus récemment, les aciers de construction ont été largement utilisés dans des applications très exigeantes telles que les plates-formes pétrolières et gazières offshore et pipelines associés qui fonctionnent souvent dans des environnements extrêmement froids et chimiquement agressifs environnements.Cet acier s'appelle rond à béton ou " armatures pour béton armé " ; ces ronds à béton sont des produit laminé à chaud en acier au carbone d'usage multiple pour la construction haute adhérence ; ils existent sous forme des barres de longueur de12m à 18m ; et pour les diamètres allant du 16mm au 40mm.

Le présent travail a pour but de savoir les principaux caractéristiques de cet acieren basant sur les propriétés mécaniques. On a devisé le mémoire en trois chapitres :

Chapitre I : état de l'art sur les aciers au carbone

Chapitre II : partie expérimentale.

Chapitre III : résultats et discussion.

Chapitre I : état de l’art sur les aciers

I.1. Généralité sur les alliages Fer – Carbone :

I.1.1. Introduction :

Les aciers sont essentiellement des alliages de fer et de carbone, qui contiennent en outre certains autres éléments introduits en faibles quantités au moment de leur élaboration (dans les aciers alliés, on introduit par exemple des éléments d'alliage dans le but de modifier les propriétés des aciers de base). Dans tous les cas, la teneur en carbone des aciers est inférieure à 1,5 %, En fonction du nombre d'éléments d'alliage ajoutés au fer et de leur teneur les aciers présentent un très grand nombre de nuances différentes [1]. Selon leur composition chimique ou selon leur domaine d'utilisation on peut classer les divers types d'alliages à base de fer. Les quatre familles de l'acier sont les suivantes :

a) les aciers au carbone d'usage général ;

b) les aciers de traitements thermiques , alliés ou non ;

c) les aciers à outils ;

d) les acier inoxydables .

I.1.2.Désignation des aciers :

Selon leurs propriétés mécaniques (R_e,R_m , A , KCV) , soit en fonction de leur composition chimique on peut distinguer l'usage des aciers. Des organismes nationaux et internationaux établissent une normalisation qui peut varier d'un pays à l'autre , A titre d'exemples , citons les organismes de normalisation suivants :

- ACNOR , Association canadienne de normalisation (Canada) ;

-ASTM , American Society for Testing and Materials (États - Unis) ;

-SAE , Society of Automobile Engineers (Etats - Unis) ;

-AISI , American Iron and Steel Institute (États - Unis) ;

- AFNOR , Association française de normalisation (France) :

-DIN , Deutsche Institut fürNormalisierung (Allemagne) .

Ici en Algérie et surtout dans le domaine de l'industrie métallurgique, on se base sur les normes allemandes DIN et les normes internationales ISO.

Les aciers d'usage général , qui , en principe , sont utilisés tels quels après leur livraison , sans traitement ultérieur , sont définis en fonction de leurs propriétés mécaniques . Toutefois , en raison de certaines caractéristiques particulières reliées à leur utilisation (par exemple comme dans notre cas, leur soudabilité ; car c'est une propriétés très importante dans la construction) , la teneur des divers éléments d'addition , sans être déterminée par une fourchette étroite , est limitée àdes valeurs maximales[1].

Par exemple , la norme ACNOR G40.21 définit la composition chimique et les propriétés mécaniques de la classe 350 WT des tôles fortes comme suit [1]:

- Épaisseur maximale , t : 60 mm .

- Composition chimique (acier calmé) :

C(%)	Mn(%)	Si(%)	P(%)	S(%)	Éléments d'affinage des grains (%)
0,20 max.	0,80 à 1,50	0,15 à 0,40	0,03 Max.	0,04 Max.	0,10 Max.

-Propriétés mécaniques :

R_m(MPa)	R_e(MPa)	A (% sur 50 mm)
480 à 650	t > 40 mmt 40 mm 350 min. 330 min.	22

L'acheteur peut également demander que l'énergie de rupture (KCV , résilience Charpy - V) soit de 27320-20-30-45 ˚C.

Les aciers fins au carbone et les aciers alliés , par contre , ne sont pas utilisés que aprés une série de transformations (forgeage , usinage , traitements therques , etc.). Ces aciers sont par conséquent définis , selon leur composition chimique , car leurs propriétés mécaniques varient considérablement en fonction de diverses étapes de leur fabrication et en fonction des traitements auxquels on les soumet[1].

I.1.3 Diagramme Fe-C :

LediagrammeFe-Cestutilisépourl'étudedesphasesdanslesaciersetfontesblanches.Les feuillards d'acier à faible teneur en carbone sont principalement basés sur des microstructures de ferrite et sont presque invariablement soumis à des opérations de formage à froid afin d'obtenir formes spécifiques, par ex. panneaux de carrosserie automobile. Ils sont produits dans le laminé à chaud condition dans des épaisseurs jusqu'à environ 2 mm, mais ils sont principalement utilisés dans le état réduit à froid et recuit où les calibres peuvent s'étendre jusqu'à 0,16 mm pour les nuances de fer blanc, par ex. pour les applications d'emballage. La considération de base dans le développement de la microstructure dans les feuillards et les aciers faiblement alliés est le Fe-C diagramme de phase, dont une partie est illustrée à la (figure .1.).

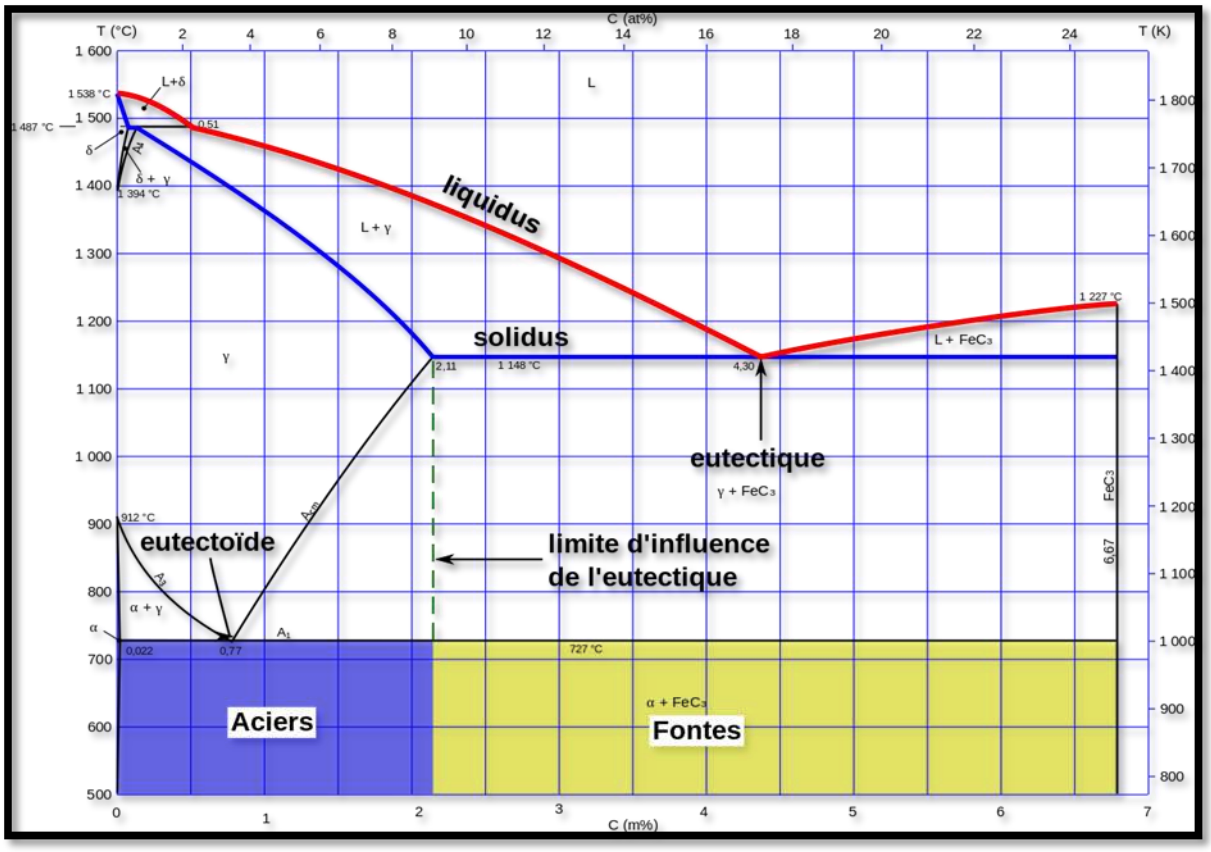
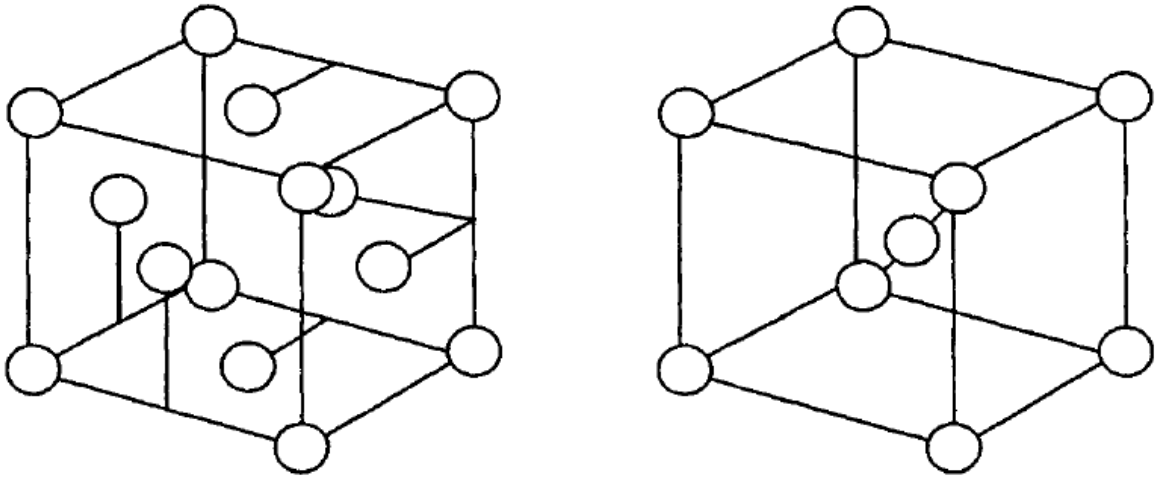


Figure.1. Le diagramme fer-carbone

À des températures au-dessus d'environ 900°C, un acier contenant environ 0,05 % de C sera constitué d'un seul phase appelée austénite ou fer y qui a une structure cristalline cubique face centrée, comme illustré à la (figure.2.) (a), et tout le carbone sera en solution solide. Sur

refroidissant lentement, le matériau atteint une limite de phase à laquelle un fer séparé phase, appelée ferrite ou ot fer, commence à se former. Cette phase contient une faible teneur en carbone contenu et a une structure cubique centrée sur le corps, comme illustré à la

(figure .2.) (b). Comme le refroidissement se poursuit, la formation de ferrite à faible teneur en carbone conduit à un carbone enrichissement de l'austénite non transformée. Ce processus se poursuit lors du refroidissement jusqu'à une température de 723°C, la température eutectoïde, à quel stade l'austénite restante aura été enrichie en carbone à hauteur d'environ 0,8 %. [2]



(a) fcc (y fer) (b) bcc (un fer)

Figure.2. Arrangement atomique dans (a) une structure cubique à faces centrées (austénite) et (b) structure cubique centrée (ferrite).[2]

I.1.4.Propriété physico-chimiques et mécaniques du l'acier

La bonne identification des propriétés des matériaux détermine la façon dont ils peuvent être utilisés. De façon générale ; les tous propriétés d'un matériau dépendent du type de liaison atomique, mais aussi de la structure cristalline et des défauts internes. De ce fait ; on définit trois grandes catégories de propriétés : **les propriétés physico-chimiques et les propriétés mécaniques.**Dans ce mémoire nous avons choisi d'étudier et caractériser un acier d'un rond à béton (armatures pour béton armé).

A. Composition chimique :

Les aciers au carbone d'usage général , utilisés tels quels , sans traitement ultérieur , constituent environ 85 % de la production des aciers . Ce sont des matériaux produits en très grande quantité et dont le prix est relativement bas. En plus du carbone , ces aciers contiennent des éléments d'addition et des impuretés dont la présence découle de leur mode d'élaboration : manganèse , silicium , soufre et phosphore[1] . Les teneurs limites de chacun de ces éléments sont données ci - dessous .

Si (%)	Mn (%)	S(%)	P(%)
0,6	1,2	0,06	0,06

Lors de l'affinage de l'acier , le manganése , qu'on utilise sous forme de ferromanganèse ; il exerce un effet durcissant désoxydant et comme désulfurant , augmente la proportion de perlite dans l'acier et il abaisse la température de transition ductile - fragile . Combiné au soufre , il forme du sulfure de manganèse MnS , qu'on retrouve sous forme d'inclusions malléables [1].

On utilise également le silicium comme agent désoxydant . Soluble dans la ferrite , le silicium a un effet durcissant comparable à celui du manganèse , mais il a tendance cependant à diminuer la soudabilité de l'acier[1] .

Le soufre et le phosphore constituent des impuretés dont on cherche à abaisser les teneurs , car ils rendent l'acier fragile et difficilement soudable , d'où l'intérêt de l'addition de manganèse , qui produit du sulfure de manganèse[1] .

Dans le cas des aciers à basse teneur en carbone , on distingue , selon le mode d'élaboration , les aciers effervescents et les aciers calmés .

Au moment de leur coulée , les aciers effervescents contiennent un excès d'oxygène qui , au cours de la solidification dans la lingotière , continue de réagir avec le carbone en libérant un volume important de CO . Ce gaz forme alors des bulles (soufflures) dont le volume compense la diminution de volume due au retrait à la solidification . Au cours du laminage , ces soufflures se referment , et l'acier retrouve alors sa compacité . Les aciers effervescents ont une composition hétérogène : leur peau est pratiquement libre de carbone , alors que le centre en contient davantage . Cette ségrégation se retrouve également dans les produits laminés . Sous forme de tôles fines , ces aciers se prêtent particulièrement bien aux opérations d'emboutissage profond . Ils sont cependant difficilement soudables ; en effer , au

cours de la fusion , les réactions inachevées entre le carbone et l'oxygène reprennent dans le cordon de soudure et entrainent l'apparition de porosités impor tantes dans la zone du métal fondu , ce qui altère les propriétés mécaniques du joint soudé [1].

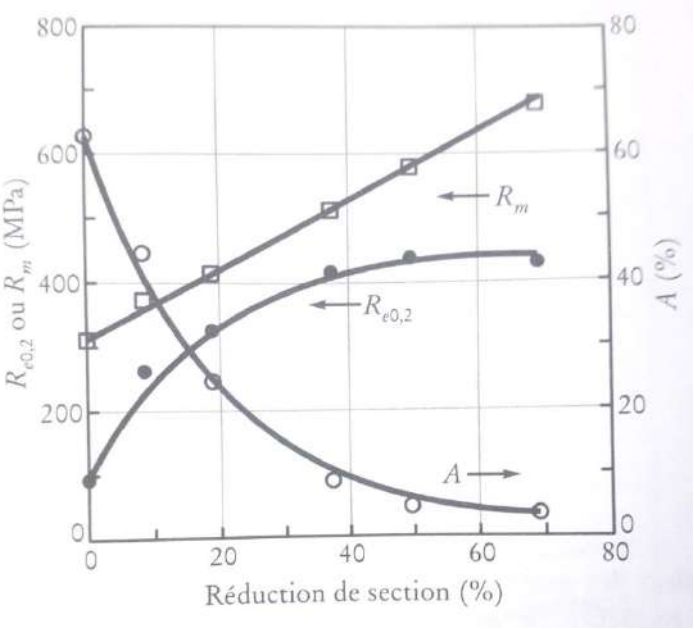


Figure .3. Variation des propriétés mécaniques (R_e,R_m , et A) d'un laiton (Cu - 35 % Zn) en fonction de la réduction de section par laminage [1].

Lorsqu'on ajoute des éléments désoxydants (silicium , aluminium ou manganèse) avant ou pendant la coulée de l'acier , on réduit sa teneur en oxygène ; par conséquent , l'effervescence ne se produit plus , et l'acier est dit café . La ségrégation du carbone est peu importante dans les aciers calmés . Les aciers destinés à être soudés et les aciers à moyenne et à haute teneur en carbone sont des aciers calmés . Pour la grande majorité des utilisations , la teneur en carbone des aciers ne dépasse pas 0,20 % leur microstructure est donc constituée d'un mélange de ferrite et de perlite . Même s'il augmente considérablement la résistance mécanique des aciers (fig .3.) , le carbone , en trop grande quantité diminue leur ductilité et augmente leur température de transition ductile - fragile (fig .4.) . De surcroît , une teneur trop élevée en carbone rend l'acier difficilement soudable [1].

Revenant aux aciers soudés, dans ces derniers la soudabilité est un facteur de première importance. Le soudage implique la fusion partielle locale des pièces à assembler et leur refroidissement . Le joint soudé comprend à la fois le métal fondu et , dans le métal de base une zone transformée qui , tout en étant restée à l'état solide , a subi un cycle thermique complet au - dessus de la température de transformation allotropique A , et refroidissement . Le risque d'apparition de fissures est toujours présent ; c'est pourquoi on cherche toujours à

limiter les teneurs en carbone et en divers autres éléments dans les aciers destinés à être sodés . On détermine en général la soudabilité en calculant la valeur du carbone équivalent [1]. Une des formules utilisées pour calculer ce carbone équivalent celle de l'Institut internacional de soudure (11S / IIW) , est la suivante [1]:

$$\text{Ceq} = \text{C} + \frac{\text{Mn}}{6} + \frac{\text{Cr} + \text{Mo} + \text{V}}{5} + \frac{\text{Ni} + \text{Cu}}{15}$$

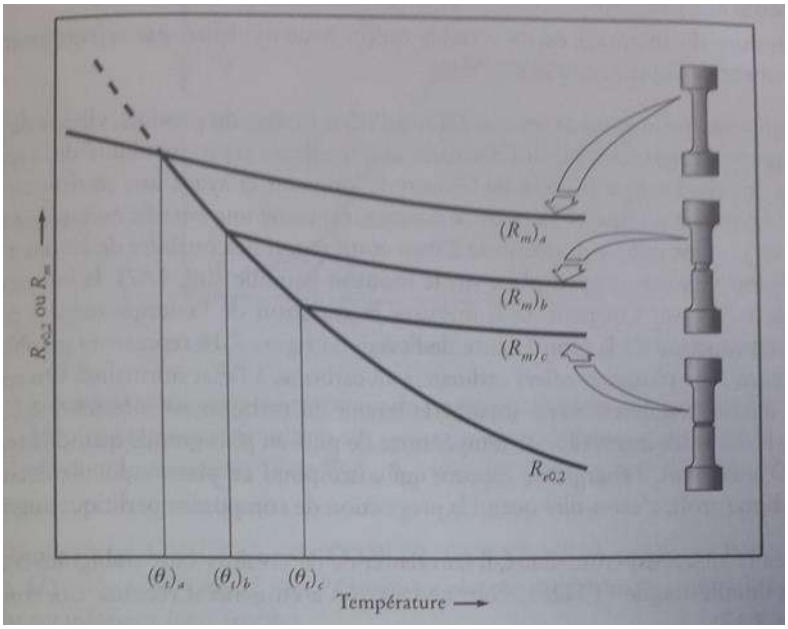


Figure.4. Influence d'une entaille sur la variation de la résistance à la traction , R. , en fonction de la température . Plus l'entaille est aiguë , plus la température de transition ductile fragile , θ_t , est élevée

B. Propriété physique et mécaniques du l'acier :

La dilatation thermique : est une caractéristique physique forte importante pour le constructeur métallique. Le coefficient de dilatation linéaire de l'acier est 12 x 10^{-6}1/K [3].

C. Les propriétés mécaniques :

Parmi les caractéristiques mécaniques des aciers, les plus couramment utilisées pour une application dans la construction métallique sont :

i. Limité d'élasticité : Re en N/mm² ou MPa

C'est la limite de la charge au-delà de laquelle le métal se déforme de façon irréversible c'est-à-dire qu'il ne retrouve plus sa géométrie initiale; la déformation n'est plus élastique et subsite, elle devient plastique. Elle sert au calcul à la contrainte des éléments travaillant à la flexion, au cisaillement, au flambement **[3].**

Limité d'élasticité : $\mathbf{R_e}=\frac{\mathbf{P_e}}{\mathbf{s_0}} = \mathbf{kg\ /\ mm^2}$

ii. Résistance à la traction (rupture) : Rm en N/mm² ou MPa

C'est la plusgrande force que le métal peut supporter en traction avant rupture. Elle sert au calcul de fatigue **[3].**

-Résistance à la traction (rupture) :$\mathbf{R_m} = \frac{\mathbf{F_m}}{\mathbf{s_0}}$

iii. Allongement à rupture : A en %

C'est l'allongement maximal tolérable avant la rupture **[3].**

- Allongement à rupture : $\mathbf{A}\% = \frac{\mathbf{l_1 - l_0}}{\mathbf{l_0}} \times \mathbf{100}\%$

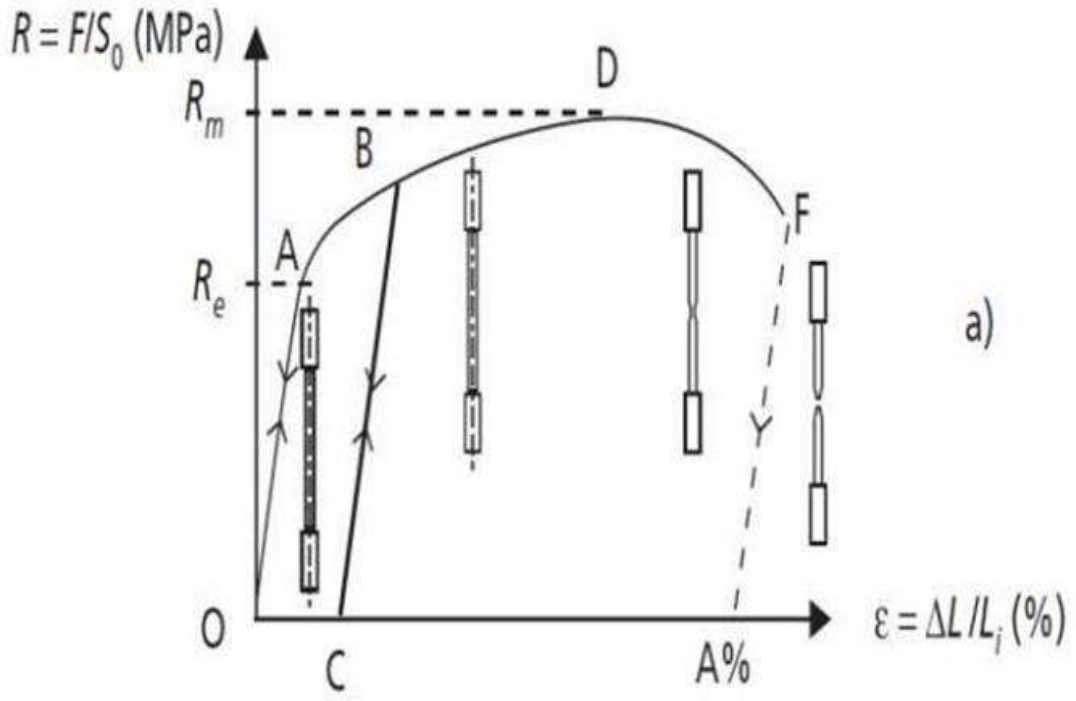


Figure. 5. Courbes conventionnelles typiques de traction

iv. Module d'élasticité: E en N/mm²

Exprimant la rigidité du métal, c'est le facteur de proportion entre une contrainte appliquée à une barre et l'allongement relatif de cette barre dans le domaine plastique **[3].**

-Module d'élasticité : $\mathbf{E} = \frac{\boldsymbol{\sigma}}{\boldsymbol{\varepsilon}}$

v. Résilience : KCV en J/cm²

C'est une caractéristique qui permet d'apprécier la résistance d'un métal à une rupture brutale; l'essai consiste à rompre à l'occasion d'un choc unique une section métallique

entaillée en son milieu, reposant sur 2 appuis et sollicitée en flexion.Il s'agit d'un des principaux critères de choix de qualité d'acier pour les constructions soudées **[3].**

Résilience : $\mathbf{k} = \frac{\mathbf{w}}{\mathbf{s}}$

K:résilience(daJ/cm^2);

W:énergie absorbée(daJ);

S:la section(cm^2) ;

vi. Dureté

C'est la résistance à la déformation. Cette caractéristique permet d'estimer les propriétés mécaniques d'un métal. En effet, des correspondances entre les résultats de mesure de dureté et le niveau de résistance (essentiellement à la traction) ont été établies; elles dépendent de la nature du métal de base. [3].

La dureté peut être définie comme la résistance qu'oppose un matériau a sa pénétration par un corps plus dur que lui.L'appareil utilisé et de marque SKF-MAB, permet de travailler en marche manuelle ou automatique.

L'essai consiste à imprimer dans le métal sous une charge P, une bille en acier ou en carbure de tungstène de diamètre D, selon la norme NF A 03 – 152.

Après suppression de la charge et enlèvement de la bille, on mesure les diamètres d de l'empreinte obtenue.la dureté est représenté par HB qui est égale au rapport de la charge P sur la surface, exprimée en daN. [4]

$$HB = \frac{p}{s} = \frac{2P}{\pi D\left(D - \sqrt{D^2 - d^2}\right)}$$

HB:duretébrinell;

P:charged'essai(N);

D: diamètredela bille(mm);

d:diamètredel'empreinte(mm).

I.2. ELABORATION DE L'ACIER :

En se rend compte que la fonte contient plus de carbone , de silicium , En comparant la composition chimique de la fonte et de l'acier , de manganèse , de phosphore et de soufre ; donc , la fabrication de l'acier consiste à diminuer la concentration de plusieurs éléments qui font partie de la fonte ; cette tâche est remplie par une fusion oxydante .Dans l'industrie moderne, l'acier est produit dans l'un des trois dispositifs de fusion des convertisseurs Bessemer et Thomas, à partir de fonte liquide ; dans les fours Martin et électriques, à partir de fonte liquide ou de fonte solide avec adjonction de ferraille ; dans les fours électriques, à partir de ferraille[5].

I.2.1. Procédé Bessemer :

Pour le procédé Bessemer (convertisseur à garnissage acide) on emploie une fonte à teneur suffisamment élevée en silicium (jusqu'à 2 %) , en manganèse (jusqu'à 1,5 %) et à teneur minimale en soufre et en phosphore . Lors du soufflage de l'air comprimé , dans le métal liquide s'amorcent des réactions de combustion du for , du silicium , du manganèse . Ces réactions se déroulent avec dégagement d'une grande quantité dechaleur , ce qui élève brusquement la température du bain métallique de 1250 à 1650 °C. Ce procédé contient trois période et l'acier Bessemer obtenu par ce procédé a une très faible teneur en carbone , car ce dernier a été brûlé pendant la deuxième période de soufflage [5].

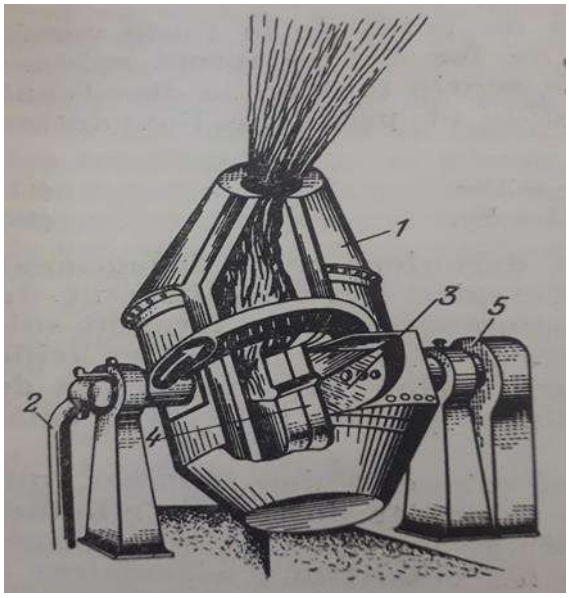


Figure.6. Convertisseur à soufflage latéral[5]

I.2.2. Procédé Thomas :

Dans ce procédé , on charge le convertisseur à garnissage basique (en briques de dolomie) d'une certaine quantité de chaux récemment frittée , ensuite on verse de la fonte liquide riche en phosphore (1,6-2 %) , aussi pauvre que possible en silicium (jus qu'à 0,06 %) et en soufre (jusqu'à 0,07 %) . En d'autres termes , le procédé Thomas consiste à employer un laitier artificiel pour éliminer et lier le phosphore contenu dans la fonte .Le versement de la fonte liquide, le basculement de la cornue et le lancement du vent sont effectués de la même façon que pour le convertisseur Bessemer [5].

I.2.3. Elaboration de l'acier au four électrique :

Les installations les plus parfaites pour la fabrication de l'acier sont les fours électriques où l'énergie électrique transformée en chaleur permet de réchauffer et de fondre le métal . L'acier est élaboré dans des fours électriques de deux types : à arc et à induction (à haute fréquence) . Les premiers sont plus répandus dans la sidérurgie .

La fusion électrique a plusieurs avantages par rapport au autre procédé. Le four électrique permet :

- d'obtenir des températures très élevées (jusqu'à 2 000) et de fondre le métal à teneur élevée en constituants réfractaires (chrome , tungstène , molybdène , et autres) ;
- d'obtenir un laitier très basique (jusqu'à 55-60 % de CaO) et d'éliminer du métal la plus grande partie du phosphore et du soufre , c'est - à - dire de bien l'épurer des inclusions nocives;
- de créer une atmosphère réductrice ou un vide (fours à induction) et d'assurer la désoxydation et la dégazassions poussées du métal .

La fig .I7 représente la construction d'un four électrique à are destiné à l'élaboration de l'acier . Le réchauffement et la fusion de la charge sont assurés par la chaleur rayonnée par trois arcs électriques , selon le nombre de phases du courant alternatif (sur la fig . I7 on ne voit que deux électrodes ; la troisième est hors de la section) . L'arc électrique est amorcé dansle laboratoire du four entre les électrodes placées verticalement et la charge métallique .

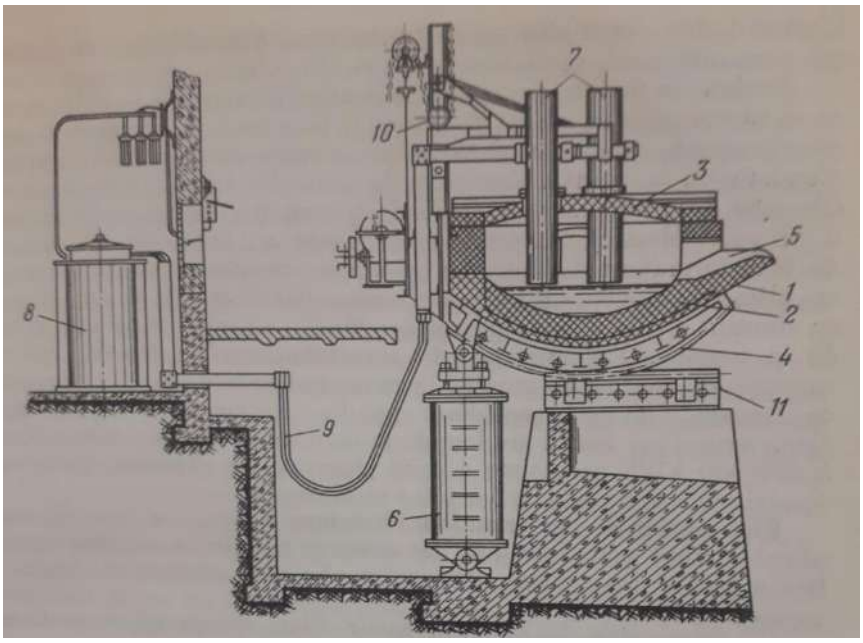


Figure.7. Four électrique à arc d'une capacité de 80 tonnes

Le four à arc comporte une enveloppe cylindrique '1' en tôles soudées ou rivées , à fond sphéroïdal et un garnissage réfractaire de la sole des parois '2'. Une voûte cintrée amovible '3' constituée par des briques réfractaires dans l'anneau d'appui de la voûte (le revêtement en briques de la voûte comporte des trous pour les électrodes '7'). Le mécanisme '10' qui assure la fixation et le déplacement vertical des électrodes ; deux semelles d'appui '4' circulaires qui supportent le four et sont employées pour le déplacer le long des glissières de la fondation '11' ; le mécanisme de basculement '6' qui permet de basculer le four et de l'incliner en approchant le trou de coulée de la gouttière '5' afin d'effectuer la coulée.Le four est alimenté en courant électrique par un transformateur abaisseur 8 placé dans un local à part . Le courant est amené aux électrodes par des barres de cuivre et le câble flexible 9 . La voûte du four à arc est le plus souvent exécutée en briques de Dinas , mais parfois on emploie dans ce but des blocs de chromite magnésite[5] .

La marche du four est assurée par des électrodes en charbon ou en graphite . La résistance électrique de ces dernières est inférieure et c'est pourquoi elles durent mieux à des températures élevées .L'emploi des électrodes graphitisées pour l'élaboration de l'acier est plus rationnel , mais leur prix est plus élevé .

Pendant la fusion les électrodes brûlent à partir du bout inférieur et se raccourcissent; c'est pourquoi il faut les faire descendre progressivement . Quand la nécessité se présente , on rallonge l'électrode d'en haut en la fixant à une électrode nouvelle par une vis de charbon . Chacune des électrodes est serrée fortement par les joues de contact d'un porte - électrode

métallique connecté au bobinage secondaire du transformateur du four . Le bobinage primaire du transformateur est alimenté en courant de haute tension (6 000-30 000 V) transformé en courant d'une tension plus basse (90-280 V) selon le niveau prévu de la tension . La puissance du transformateur est fonction de la capacité du four et du procédé (gamme d'opérations de l'élaboration de l'acier) . On peut considérer que la consommation de l'énergie électrique d'un four à are lors de la marche en charge solide s'élève à 600-950 kWh par tonne d'acier produite . La capacité d'un four électrique à arc varie de 3 à 180 t et plus .

I.2.4. Coulée de l'acier [5]:

Une fois l'élaboration de l'acier achevée , il est déversé dans une poche de coulée bien chauffée d'une capacité correspondante . Les dimensions de la poche sont le plus souvent choisies de façon à ce qu'elle reçoive tout le volume du métal fourni par le four et une partie de la scorie nécessaire à assurer l'isolation du métal .Ensuite , l'acier est coulé dans les lingotières métalliques pour pièces de fonderie . obtenir des lingots , ou dans des moules en sable , pour obtenir despièces de fonderie.Selon le genre des lingots à obtenir , les lingotières ont une section carrée , ronde , rectangulaire ou autre (lingotières à facettes) .

On a établi un certain rapport entre la hauteur de la lingotière et sa section transversale : la hauteur doit être de cinq à six fois supérieure au diamètre ou à la section . Pour rendre plus facile le démoulage , les parois des lingotières comportent une faible dépouille .Les aciéries fabriquent des lingots de 100 kg à 100 tonnes . Les plus répandus sont les lingots de 6 à 8 t destinés à être travaillés dans les laminoirs . Des lingots plus gros de destination spéciale sont coulés plus rarement . Lors de la coulée directe ou en chute (fig . 8) , chaque lingotière est remplie à part par de l'acier liquide . Lors de la coulée en source

(fig . 9) .

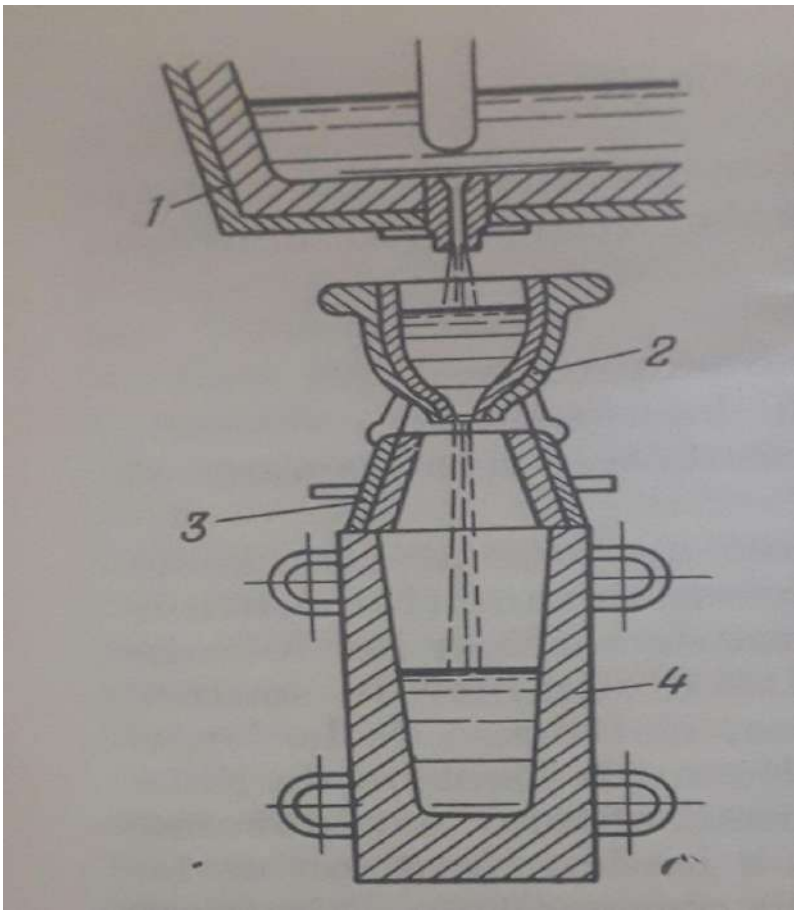


Figure.8. Coulée en chute de l'acier : 1-poche ; 2- entonnoir ; 3-rallonge ; 4-lingotière

L'acier, versé de la poche dans un jet central , s'engage dans des chenaux de coulée plus étroits pour aboutir à plusieurs lingotières (de 2 à 6). La coulée en chute donne moins d'inclusions non métalliques que la coulée en source et un métal plus chaud dans la tête du lingot . La coulée en source assure un meilleur état de surface du lingot et un métal plus chaud dans sa partie inférieure . Le volume du métal liquide déversé dans une lingotière diminue à mesure du refroidissement , ce qui conditionne le phénomène du retrait . C'est la partie qui adhère aux parois de la lingotière qui se solidifie en premier lieu : la partie intérieure du lingot reste un certain temps liquide , même après la fin du remplissage de la lingotière . Là où le métal reste longtemps liquide , il se forme une retassure due au retrait du métal (ordinairement elle se forme dans le sens de l'axe du lingot , plus près de la tête) .

L'expansion de la retassure peut être réduite si l'on ralentit le refroidissement de l'acier dans la partie supérieure de la lingotière . Dans ce but , on emploie des rallonges qu'on appelle masselottes . La masselotte est revêtue à l'intérieur d'un matériau réfractaire . Le métal à la hauteur de la masselotte reste longtemps liquide par suite de la mauvaise conductibilité thermique de ses parois , ce qui contribue à la localisation de la retassure dans la tête du

lingot. La tête du lingot avec la retassure est enlevée par chute. Dans certains cas, on réduit le volume de la retassure en chauffant artificiellement le métal de la masselotte ; cet échauffement est assuré au chalumeau ou par l'introduction d'une certaine quantité de mélange aluminothermique. La coulée continue de l'acier , procédé utilisé dans plusieurs usines , permet de réaliser une grande économie de métal .

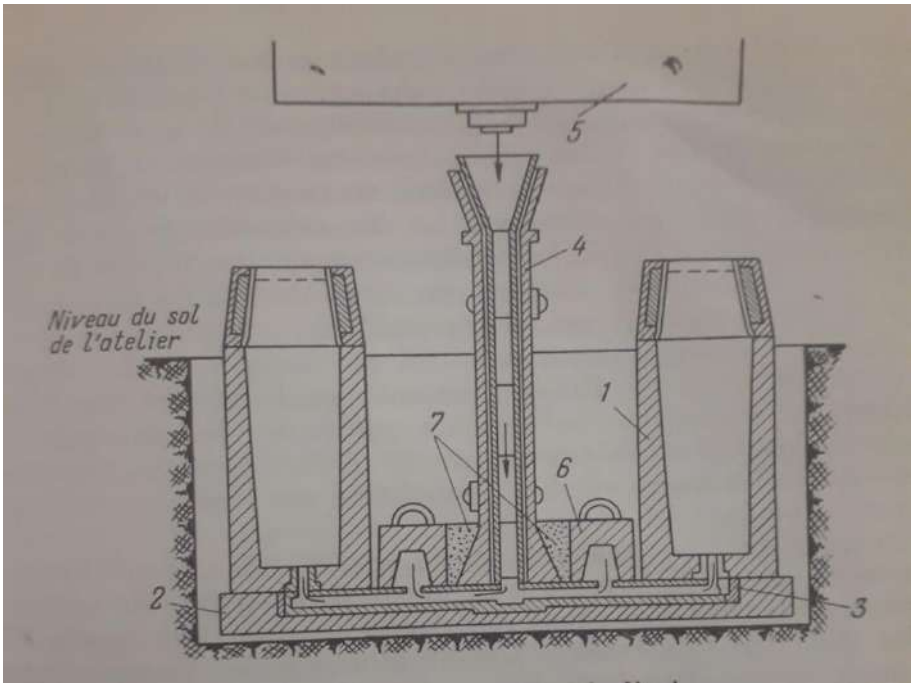


Figure.9. Couléeen source de l'acier 1- lingotière ; 2 - support ; 3- chenaux de coulée ; 4 - jet de coulée principal ; 5 poche ; 6 - poids ; 7 - fixation du jet de coulée principal.

Chapitre II: Partie experimentales

II.1.Introduction :

Dans ce chapitre, nous présentons la démarche expérimentale adoptée pour étudier un acier au carbone. Nous présenterons également les techniques que nous avons utilisées pour caractériser nos échantillons. Nous avons choisi un rond à béton de 14 mm de diamètre (armature pour béton armés) pour réaliser notre projet de fin d'étude.

II .2. Découpage :

Nous avons tout d'abord découpé des échantillons pour faire les essais mécaniques. Les échantillons sont découpés à l'aide d'une micro-tronçonneuse "discotom-6 struers" à disque diamanté au sein de l'école National des Mines et Métallurgie Annaba ; cette machine travaille sous lubrification continue d'eau afin de ne pas provoquer l'échauffement du métal (voir Figure10)



Figure.10: Machinemicro-tronçonneuse.

Pour les essais mécaniques nous avons découpé trois échantillons :

•**Pour l'Essai de traction :** l'échantillon coupé est de 25 cm de longueur (L= 25 cm).

• **Pour l'Essais de résilience :** l'échantillon est de 05.5 cm de longueur (L = 05.5 cm).

• **Pour l'Essais de la dureté :** La longueur de l'échantillon de dureté est de l'ordre de 1.5 cm (L= 1.5 cm).

II.3.Les Essais mécaniques :

II.3.1. Essai de traction :

L'essai de traction est l'un des essais mécaniques les plus fréquents. Et la plus simple à identifier les résultats. Et il est considéré comme le test le plus important utilisé par l'ingénieur pour contrôler la qualité de la matière et ses résultats donnent une image claire du niveau de la production. Il consiste à placer une éprouvette normalisée du matériau à étudier (figure 11) entre les mâchoires d'une machine de traction qui tire sur le matériau jusqu'à sa rupture. On enregistre la force (F) et l'allongement (L-Lo), que l'on peut convertir en contrainte - déformation.

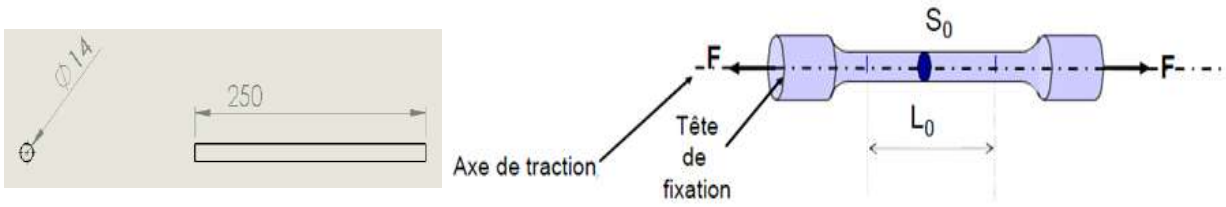


Figure. 11:l'échantillonl'essai de traction.

Il sert à déterminer les principales caractéristiques mécaniques telles que le module d'élasticité, le coefficient de Poisson, la limite d'élasticité, la résistance à la rupture, L'allongement après rupture et le coefficient de striction, qui sont importantes en conception.La résistance à la traction est déterminée à l'aide d'une machine de traction (figure 12) au niveau de l'unité fonderie de Berrouaghia.



Figure.12: Machine utilisée pour les essais de traction au SONACOM de El Barouguia.

II.3.2. Essais de résilience :[7][6]

La connaissance des caractéristiques mécaniques déduites de l'essai de traction peutêtre insuffisante, puisque des ruptures peuvent être obtenues pour des contraintes inferieuresà la limite d'élasticité dans des conditions particulières qui rendent l'acier fragile . Les facteurs fragilisants sont:

Concentration de contrainte liée à la présence d'un défaut;

L'abaissement de la température ;

L'augmentation de la vitesse de déformation;

L'augmentation de la dimension des pièces sollicitées.

a)Définition de l'essai de résilience :

C'est l'un des moyens le plus classique et le plus ancien pour caractériser la fragilisation d'un acier sous l'action d'un choc appliqué sur éprouvette entaillée, cet essai est décrit dans la norme NF EN 10045. La résilience donc est l'énergie nécessaire pour produire la rupture de l'éprouvette, par rapport à la section de l'entaille ; elle exprimée en joules par centimètre carré.

On la note comme suit :

$$\mathbf{k = \frac{W}{S}}$$

K: résilience(daJ/cm^2);

W: énergie absorbée(daJ);

S: la section(cm^2) ;

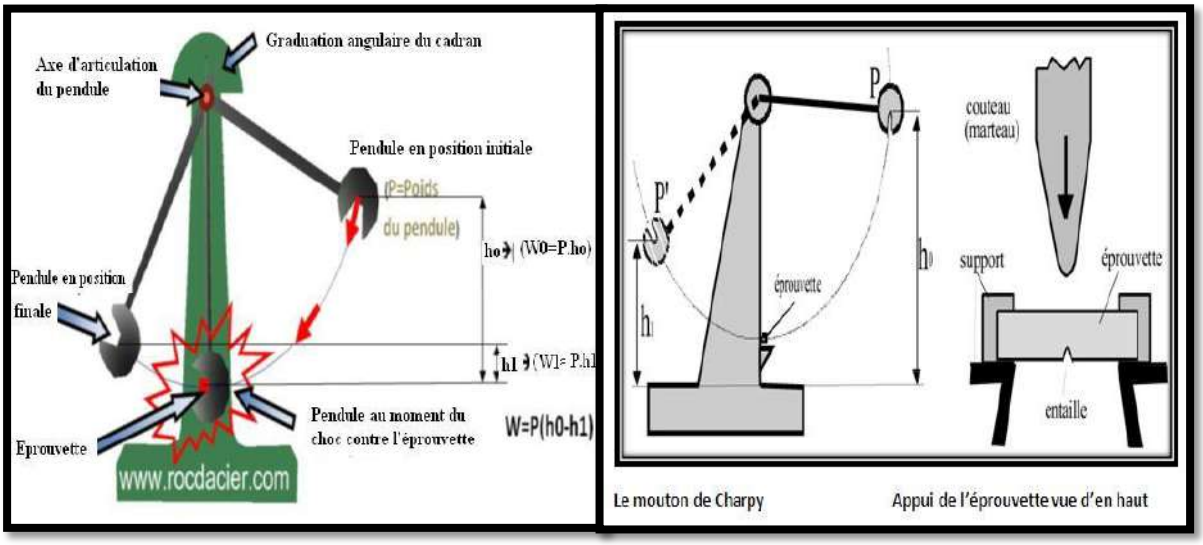


Figure.13: Schémadeprincipedel'essai derésilience

b) Principe et exécution de l'essai :

Il consiste à rompre, d'un seul coup de mouton pendule, une éprouvette entaillée enson milieu et reposant sur deux appuis. On détermine l'énergie W absorbée dont on déduit larésilience.

Essais Charpy :

Les éprouvetteslesplusclassiquessontdéfiniesparlanorme.Ils'agitde:

- L'éprouvetteCharpyen tailléeen U.
- L'éprouvetteentailléeenV,appeléecourammentCharpyVditeéprouvette**K CV**. Cette dernièreest laplusutilisé

i. Eprouvettes CHARPY U :

Une éprouvettes un barreau usiné de section cylindrique de 14 mm de coté et dont

lalongueur est 55 mm. L'entaille de 2 mm de largeur et de 5 mm de profondeur se termine parun fond cylindrique de 1 mm de rayon. La résilienceest alors mesurée et précisée selon lesymbole**Kcu.**

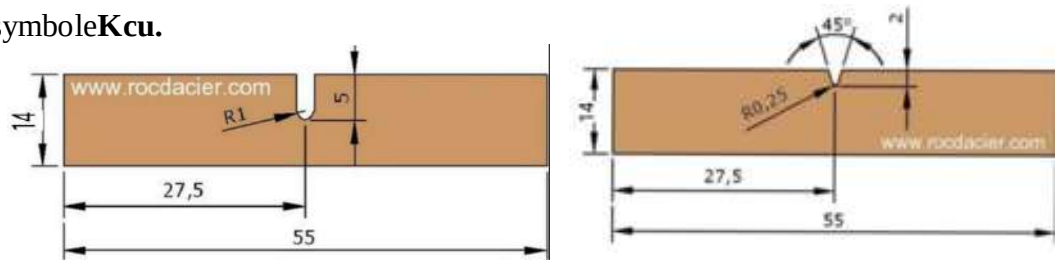


Figure.14: à gauche schéma représentative de l'EprouvetteCharpyU en dimension réal et à droite schéma représentative de EprouvetteCharpyV en dimension réal.

ii. Eprouvettes CHARPY V :

Pour un essai avec une éprouvette Charpy V, l'éprouvette sera entaillée en V de 2 mm de profondeur et avec un angle de 45° dont les dimensions sont les mêmes que pour les éprouvettes Charpy U. On précise par le symbole KCV l'essai de résilience en V.



Figure.15: Machine de résilience à l'ENSMM - Annaba

II.3.3. Essais de dureté :

La dureté d'un matériau est sa caractéristique qu'elle lui permettre de garder sa surface intacte sous une charge. L'essai de dureté sert à caractériser la résistance à la déformation plastique d'un matériau non fragile à l'aide d'un essai simple et rapide. La dureté est définie comme la résistance opposée par l'éprouvette à la pénétration d'un corps plus dur.

L'essai de dureté ne fournit qu'une seule valeur H. En revanche, l'essai est très simple à réaliser, n'utilise pas de machine coûteuse et n'exige pas l'usinage d'une éprouvette, puisqu'une

surface plane de quelques mm2 suffit. L'essai de dureté à pour but de déterminer la dureté superficielle des métaux. Il consiste à enfoncer un pénétrateur, dont les formes et les dimensions varient en fonction du type d'essai, dans le métal à tester. La charge est constante et on mesure la surface ou la profondeur de l'empreinte laissée dans le matériau.

Deux méthodes de mesure de dureté sont utilisés : dureté HRB (Hardness Rockwell Bille) pour les échantillons avant traitement thermique et dureté HRC (Hardness Rockwell Cône) pour les échantillons après traitement thermiques (figure17) .Les valeurs de dureté HRC sont transférées en HRB d'après les tableaux de conversion pour bien comparer les résultats aux deux états, brut de coulée et traité.

Les duretés HRB (Hardness Rockwell Bille) (sous charge 100 Kg, bille de 1.58 mm de diamètre).

$$\mathbf{HB} = \frac{\mathbf{P}}{\mathbf{S}} = \frac{\mathbf{2P}}{\pi \mathbf{D}\left(\mathbf{D} - \sqrt{\mathbf{D^2} - \mathbf{d^2}}\right)}$$

HB : duretébrinell ;

P : charge d'essai (N) ;

D : diamètre de la bille (mm)

d : diamètre de l'empreinte (mm).

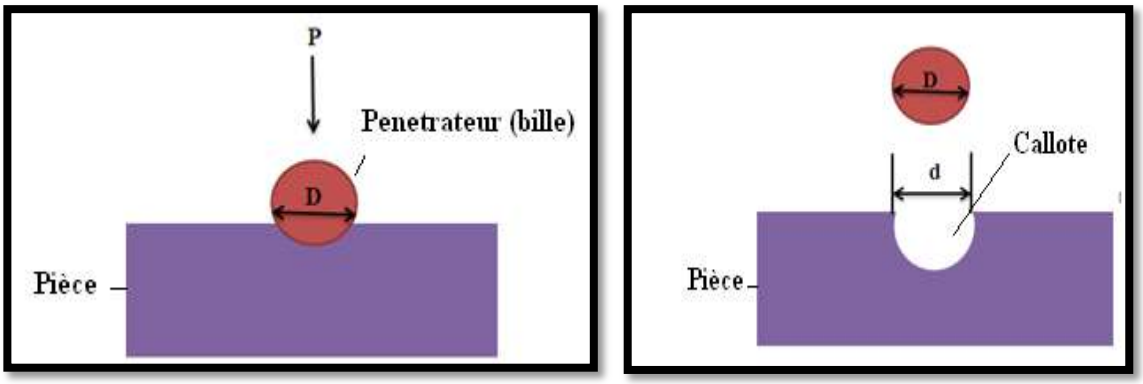


Figure.16: Principededureté



Figure.17:machine de dureté (DUROMETRE ROCKWELLE) à l'ENSMM - Annaba.

II.4.Préparation Métallographique :

L'examen métallographique à pour but la mise en évidence de la microstructure de l'échantillon. L'analyse micrographique se fait sur des surfaces polies attaquées chimiquement. L'obtention de ces surfaces nécessite une suite d'opérations allant du prélèvement des échantillons à l'attaque chimique.

Dans ce qui, suit nous donnons le détail de chaque opération

II.4.1.Enrobage :

Lorsque l'échantillon est facile à tenir et les bords sans intérêt spécifique , on le fixe dans un support mécanique pour le polir . Sinon , on l'enrobe dans une résine polymérisable . Idéalement , le matériau d'enrobage présente une dureté proche de celle du matériau et un faible retrait ; il existe une large gamme de produits d'enro bage commerciaux adaptés . Lorsqu'il est essentiel d'observer les bords le mieux possible , on choisit la résine au plus faible retrait et il est parfois utile de faire un dépôt (par exemple 10 µm de nickel) avant de procéder à l'enrobage.

L'enrobage à chaud est effectué avec des résines thermodurcissables phénoli ques (bakélite) , allytiques (grande dureté) , époxydes ou parfois acryliques . Le dur cissement est obtenu sous pression vers 180 ° C avec une presse spécifique . Il est commode , peu coûteux et bien adapté aux petites séries d'échantillons diversifiés . On rend parfois la résine plus dure ou conductrice avec des charges .

L'enrobage à froid est effectué dans des moules appropriés avec une résine époxyde , parfois polyester ou acrylique , durcissante à l'ambiante . Il convient aux grandes séries et / ou aux échantillons altérables par la pratique à chaud . Ces résines sont souvent moins dures et le durcissement maximal plus long à obtenir . L'enro bage par imprégnation sous vide est nécessaire pour préparer les produits poreux (matériaux frittés ...).



Figure.18: Machine d'enrobage à l'ENSMM - Annaba.

II.4.2.Polissage:

L'objectif est d'obtenir non seulement une surface plane de rugosité inférieure à 0,1 µm , mais aussi une surface significative de la structure , c'est - à - dire la moins possible altérée par la préparation (écrouissage induit , dépôt de pollution ...) . Il com prend le plus souvent deux étapes : un polissage grossier et un polissage fin .

Polissage mécanique La (figure19) schématise la profondeur perturbée sur de nombreux matériaux en fonction des abrasifs utilisés . L'écrouissage résiduel final des métalliques doit être limité à une profondeur inférieure au micromètre , disparaître lors du polissage électrochimique ou chimique ou lors de l'attaque sélective et ne doit pas modifier la vision de la structure . On utilise des particules abrasives liées (papiers abrasifs) ou libres (dispersées sur un feutre approprié) . Le support est dur et rigide et l'abrasif de dureté largement supérieure à celle du matériau à polir (par dureté croissante : magnésie , corindon , alumine , carbure de silicium et diamant) .

Le polissage mécanique grossier :

Appelé parfois prépolissage , dresse la surface et rend la rugosité inférieure à 10 µm . On opère souvent sous eau avec des tourets à plateau très dur sur lesquels on place des papiers abrasifs (souvent au SiC) de gra nulométrie décroissante (260 à 5 µm suivant le papier) souvent normalisée . L'eau ou un liquide spécifique agit comme lubrifiant , fluide de refroidissement et fluide porteur pour évacuer les particules arrachées . L'opérateur choisit une vitesse de rotation appropriée et maintient une pression appropriée à la dureté du matériau . Il procède entre chaque étape à un lavage de la surface et un nettoyage aux ultrasons pour enlever les grains d'abrasifs . A chaque étape , il croise de préférence les raies de polissage . Les progrès techniques permettent souvent d'automatiser cette étape pour les séries .

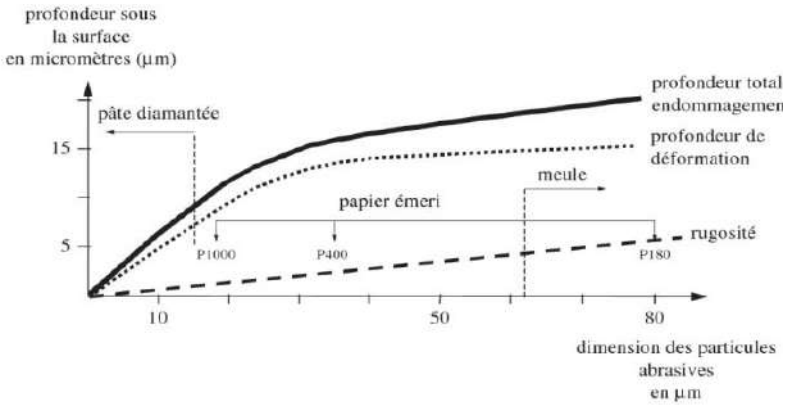


Figure.19: Exemple de rugosité et de profondeur peturbée un matériau méttallique après polis-sage (d'après petzow [8] et Exner[9].



Figure.20: polissage avec disque abrasif à l'ENSMM - Annaba.

II.4.3.Attaquechimique:

Les examens métallographiques nécessitent au préalable une attaque chimique appropriée à chaque nuance pour mettre en évidence les structures. Cette opération donne une

différence de couleur entre les différentes phases, car elle est directement liée à la différence de vitesse de réaction des constituants.

Le réactif chimique utilisé pour notre acier (acier faiblement allié) est le Nital 3%(3 ml d‟acide nitrique et 97 ml d‟éthanol) une fois étalée sur la surface del‟échantillon, un temps de maintien de 2 à 5 seconds est respecté; cette opération doit être suivie d‟un rinçage à l‟eaudistillée.

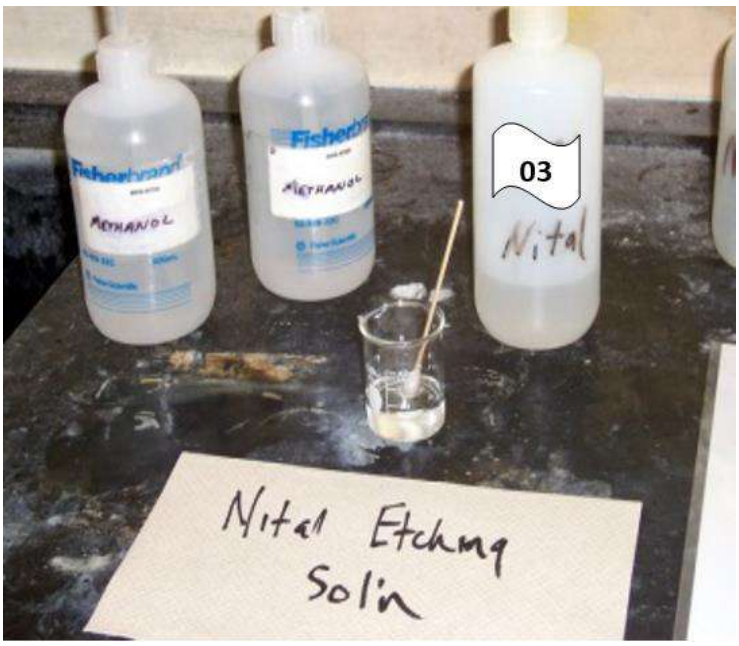


Figure.21:reactif d'attaque chimique.

II.4.4.Microscopie optique :

La microscopie optique est une méthode physique d'observation des métaux, qui consiste à examiner par réflexion au microscope une surface polie et généralement attaquée. Elle a pour but principal, la mise en évidence de la structure de l'échantillon et des inclusions non métalliques. Nos examens de microscopie optique ont été réalisés à l'aide d'un microscope. Le but des observations microscopiques, est la détermination des structures des différents échantillons en fonction du temps [10].



Figure.22: Microscope optique(Nikon).

II.5.Analyse chimique de rond à béton :

L'analyseur élémentaire ELEMENTRAC CS-i mesure la concentration de carbone et de soufre dans des échantillons principalement inorganiques par combustion dans un four à induction et analyse ultérieure des produits de combustion gazeux dioxyde de carbone et dioxyde de soufre.

La température élevée de plus de 2000 °C assure une décomposition complète de l'échantillon et donc une analyse élémentaire fiable et précise sur une large plage de concentration.

L'ELEMENTRAC CS-i respecte et dépasse les exigences de toutes les normes courantes pour la mesure du carbone et du soufre, telles que ASTM E1019, DIN EN ISO 153(Figure 23).[11]



Figure.23: à gauche Analyseur de carbone / soufre et à droit échantillon Analyseur de carbone / soufre**.**

Chapitre III : Résultats et Discussion

III .1. Introduction :

Les matériaux métalliques, y compris l'armature, subissent dans la plupart des cas des charges statiques et réaction chimique avec l'air dans les constructions en béton armé. Voilà pourquoi des caractérisationschimique ; mécaniques et morphologique prenant en considération différentes conditions de contraintes sont très utilisés pour cetype des matériaux.

III .2. L'analyse chimique des échantillons :

L'analyse chimique de notre échantillon en utilisant L'analyseur élémentaire ELEMENTRAC CS-i au Société POVAL Berrouaghia ; montre que notre échantillon a une faible concentration du Carbone plus la présence de deux autres élément leur présence est indispensable dans un acier. Les résultats de l'analyse chimique sont présentés dans le tableau ci-dessous

Tableau.1.résultat de l'Analyse chimique de rond à béton de notre échantillon

Eléments	C	S	Mn
Teneuren %	0,22	0,042	0,80

Les aciers utilisés pour la production de l'armature de nuance 500 MPa sont de qualitéordinaire, teneur faible en carbone, peu chargés en éléments d'alliage la présence de ces éléments aide à la soudabilité des ronds à béton qui est une propriété très importante dans l'utilisation de ces ronds.

Toutefois, une teneur en carbone équivalent qui dépasse 0,50 indique l'utilisation élevée de différents éléments d'alliage tels que Cr, V, Mo etc., ce qui compliquent la soudure mais permettent d'obtenir les caractéristiques de plasticité élevés [12].

Si on comparant nos résultats avec celle d'échantillon de rond à béton élaborer dans le complexe d'Algerian Qatari Steel situé à Jijel nous trouvons des résultats presque similaire ; les résultats de l'échantillon élaborer à AQS est le TEMPCOR 500 sont présentent dans (tableau III.2.).

Tableau.2.résultats de l'Analyse chimique de rond à béton élaboré à AQS

Eléments	C	S	Mn
Teneuren %	0,2	0,016	0,78

La composition chimique du rond à béton est conforme à celle donnée par la nuancenormalisée « TEMPCORE 500 » en comparant les teneurs de Carbone et Manganèse. Même si lesteneurs du manganèse et carbonesont légèrementinférieurs par rapport à nos résultats. La légère diminution des teneurs en Mnestdueprobablement àuneoxydation du rond à béton pendant le laminage.

Alors concernant le teneur de Soufre qui est très élevé par rapport au teneur de l'échantillon « TEMPCORE 500 » ; l'une des explications logique est que notre échantillon a été corrodé. Vu que le rond à béton qu'on a choisi pour faire notre étude il était abandonné dans l'air et comme l'atmosphère de la région d'ANNABA est trop polluée ce qui provoque la corrosion de notre acier à cause du soufre qui existe dans l'air libre ou la pluie. La présence du Soufre est un inconvénient, car ils rendent l'acier fragile et difficilement soudable, donc nous allons voir selon les mesures mécanique si notre échantillon présente une forte résistance comme il fallait ou non.

III .3. La morphologie des échantillons :

Afin de mettre en évidence la composition microstructurale de l'acier étudié, les échantillons prélevés ont fait l'objet d'une caractérisation microstructurale par observations au microscope optique métallographique. Les micrographies obtenues par la microscope optique de marque (Nikon) sont représentées sur la (Figure.24.)

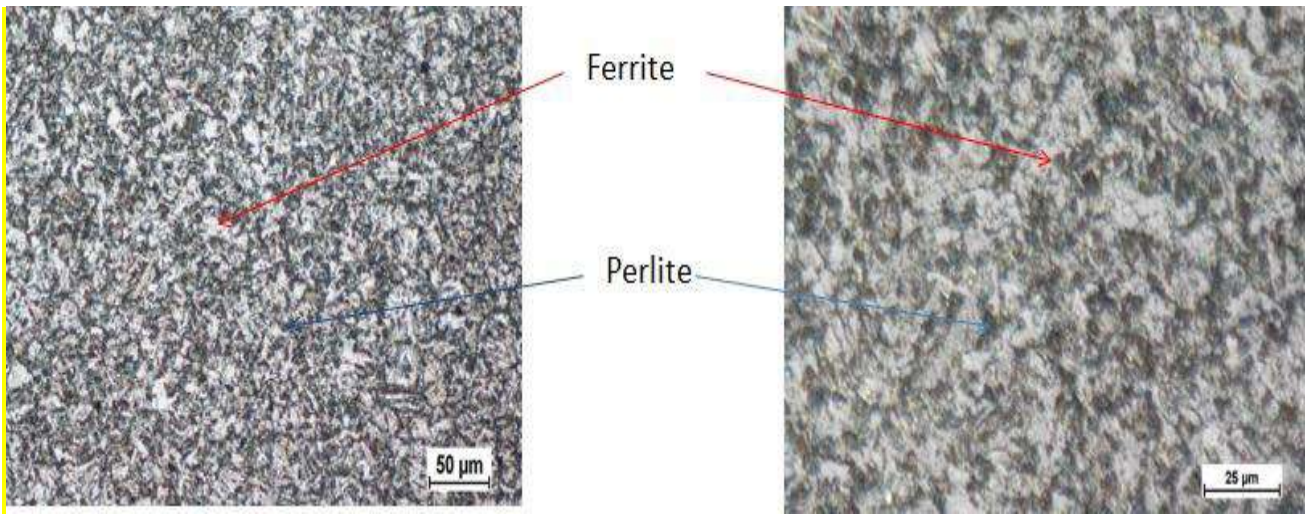


Figure. 24. Microstructure de l'acier rond à béton utilisés

Nous allons comparéenos resultatsavec les resultats obtenus au complexe de Société POVAL Berrouaghia sur un acier fabriqué sous la norme TGL 15477/02.

D'apres les photos de la microscopie, la même composition microstructurale a été présenté dans les deux échantillons (Nos echantillons et l echantillonelabore au Société POVAL Berrouaghia . La structure est principalment basé sur *la ferrite* et *la perlite,* c'esta dire il existe dans les deux échantillons la ferrite comme l'indique le diagramme d'équilibre métastable fer-carbone.Bien que, la ferrite est la phase la plus prédominante, dans ce cas la structure dite« ferritoperlitique».

Revenant maintenat à nos echnatillons,ilapparit clairement que nos echantillonspresente aussi une *strauctureferrito-perlitque* . On observe que , la ferrite se présente sous forme de grains de taille plus petite et de couleur gris clair et de forme pratiquement identique alors que la perlite à son tour se présente sous forme de grain de forme aléatoire mais de taille plus petite avec couleur gris tresfoncé.La distribution des ferrite et perlite est presque homogène, la perlite se situe entre les grains de la ferrite d'une façon plus au moins ordonnée.

Notre acier est un acier lamine, qui est d'origine acier brute de couléeLa structure ferritoperlitique est d'origine acier brute de coulée, à cause de la déformation à haute température qui est considérée comme un traitement à la fois mécanique et thermique du métal, l'énergie mécanique provoque le phénomène dit *d'écrouissage,* et l'énergie thermique provoque le phénomène de recristallisation (naissance de nouveauxcristaux au détriment des cristaux écrouis) ce qui explique la formation d'une structure plus au moins fine et homogène.

Generalement dans les acierd usagegenerale ont un pourcentage de ferritécompris entre 30% et 70%. Alors que d'après notre observation,on a opté pour la valeur de 75% de ferité.

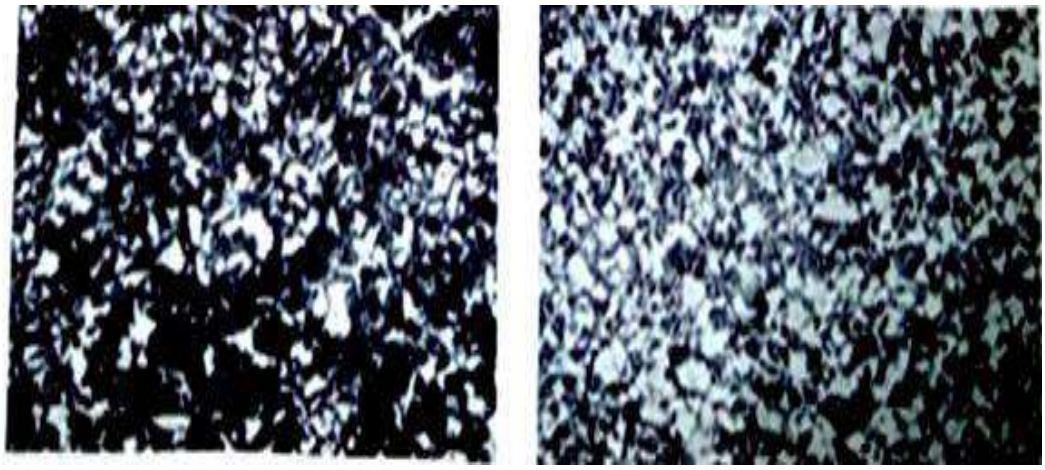


Figure. 25. Microstructures des TGL15477/02 au Société POVAL Berrouaghia.

III .4. Les essais mécaniques :

III .4.1. Résultats obtenus par desessais mecaniques rond àbéton utilisés :

Tableau .1. : resultats des essais mecaniques

Limiteapparente d'élasticité R_e= N/mm²	**522.57 N/mm²**
Résistance à la rupture R_m = N/mm²	**637.26 N/mm²**
Allongement pour cent après ruptureA (%)	**32.67%**
Coefficient de striction aprèsRupture Z(%)	**53.98%**
essai de dureté **HRB1.58/100/92** **1.58:Ø de la bille en (mm)** **100: la charge en (kg)**	**92**
Résilience :kcu = $\frac{w}{S}$ **Energie absorbé : 254J**	**168.52J/cm²**

III .4.2. Discussion :

Nous avons comparé nos résultats de l'essai de traction avec celles des résultats de l'échantillon fabriqué à QAS. Les caractéristiques de traction spécifiées des deux échantillons sont englobées dans le tableau en-dessous.

Tableau .4.les résultats de l'essai de traction des deux échantillons

Classe de ductilité	Nuance d'acier	Re_{Min} (Mpa)	R_{mMin}(Mpa)
B	B500BWR	500	550
Notre échantillon	B500	522.57	637.26

La caractéristique principale de l'armature est sa limite d'élasticité $\mathbf{R_e}$. La limite d'élasticité des ronds à béton est en générale entre 400 et 600 MPa. Selon l'essai de traction qui a été faite sur notre échantillon ; la valeur de $\mathbf{R_e}$ mesurée est de l'ordre de **522.57 N/ $\mathbf{mm^2}$;** cette valeur est dans la gamme de la bonne résistance élastique des rond à béton selon les normes internationales.

Si nous la comparons notre valeur avec la valeur mesurée QAS ; nous remarquons la valeur mesurée de QAS est moins par rapport à la nôtre. Cela peut être expliqué par la petite différence dans la teneur de manganèse entre les deux échantillons (nous avons trouvé une teneur de 0.80 % dans notre échantillon alors que dans l'échantillon de QAS est de l'ordre de 0.78%) car combinaison du manganèse avec le soufre se retrouve sous forme d'inclusions ; ces inclusion joue sur la malléabilité de l'échantillon. Maintenant si nous comparons les valeurs de résistance à la rupture des deux échantillons nous remarquons que les résultats sont logique ; nous trouvons toujours de la résistance de la rupture $\mathbf{R_m}$ de notre échantillon est plus élevée par rapport à la résistance de la rupture de l'échantillon de QAS ; car la limité d'élasticité de notre échantillon est plus élevée.Pour résumer ; les résultats de l'essai de traction des deux échantillons (le nôtre et celle de QAS) est presque similaire la petits différence qu'il existe est liée à la différence de la composition chimique comme nous avons déjà montré dans la partie des analyse chimique.

Maintenant nous allons discuter les résultats de la microdurté ; il faut tout d'abord noter, L'élasticité joue un rôle non négligeable et souvent méconnu dans les essais de dureté.

Nous avons comparé toujours nos résultats avec les résultats de l'échantillon de QAS, nous avons pour notre échantillon une valeur de dureté égale à 92 HRB alors que pour l'échantillon de QAS elle est de l'ordre de 59,56 HRB. Nous observons que notre échantillons est résiste plus à la déformation plastique localisée par rapport à l'échantillon de QAS.

Nous allons terminer la discussion des résultats par les résultats de la résilience. Nous sachons bien que plus la valeur de K_{CU} ou K_{CV}est grande, plus le métal à capable à résister aux chocs. Même si cet essai est destructif, il est d'une grande importance, car il est impératif de tenir compte de la résistance aux chocs d'un matériau avant de l'utiliser en construction par exemple.

La valeur de la mesuré de résilience obtenue ; elle montre que le rond à béton utilisé dans cette étude présente une résistance au choc très élevée ; si pour ça il est bien recommander dans la construction.

Conclusion Générale

Conclusion Générale :

Ce travail a porté sur les aciers à l'usage général ; plus précisément sur les ronds à béton.

Nous avons préparé des échantillons des ronds à béton de diamètre 14 mm à partir de découpage et polissage mécanique et attaque chimique. Ensuite, certaines propriétés de ces échantillons ont été caractérisées par différentes techniques.

Par l'analyse une analyse chimique nous avons arrivé à identifier les teneurs du carbone, soufre et de manganèse. La métallographie a montré que l'échantillon a une structure ***ferritoperlitique ;*** et les essais mécaniques ont montré une bonne limite élastique, résistance à la rupture et une bonne absorbation au choc.

En conclusion ; Les aciers pour barres d'armature sont généralement des aciers à faible teneur en carbone sont le meilleur choix pour assurer une construction en sécurité

Référence

Références :

[1] : Des matériauxean - Paul Bailon , Jean - Marie DorlotReimpression , été 2011.

[2] : Hewitt, B.J., Review of Annealing Technology, IISI, Technical Exchange Session, p. 51 (1996).

[3] : https://fr.scribd.com/document/243951940/Acier-annexes1-pdf.

[4] DOMINIQUE FRANCOIS, essais mécaniques et lois de comportement SDM184 deuxième édition.

[5] : P. POLOUKHINE , B. GRINBERG , S. KANTÉNIK , V. JADAN , D. VASSILIEV TECHNOLOGIE DES MÉTAUX Sous la direction de P. POLOUKHINE EDITIONS MIR MOSCOU 1967.

[6] :DOMINIQUE FRANCOIS, essais mécaniques et lois decomportementSDM184deuxièmeédition.

[7] :Jean Barralis. Gérard Maeder, Elaboration, Structures-Propriétés, Normalisation.

[8] : G. PETZOW, Metallographisches, Keramographisches, Plastographisches

Ätzen,Gebrüder Bomtraeger,1994.

[9] : H.E. EXNER, «Metallorgraphy», inR. W. CAHN et HAASEN,Physical

Metallurgy, 1996.

[10] :N. AKILAL ; « Étude de la corrosion de la soudure de l'acier A33 utilisé en construction navale » ; diplôme de MAGISTER ; Univ Abderrahmane Mira de Béjaïa.

[11]:[https://www.eltra.com/products/chs-analyzers/cs-i/function-features/].

[12] :Okba Boughedda, Application des traitements thermiques lors du laminage à chaud du rond à béton de l'acier Tempcore-500 (Algerian Qatari Steel-AQS).