الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

وزارة التعليم العالي و البحث العلمي

MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

Université Dr. Tahar Moulay SAIDA
Faculté de Technologie
Département de Génie des procédés

جامعة الدكتور الطاهر مولاي سعيدة
كلية التكنولوجيا
قسم: هندسة الطرائق

MEMOIRE DE FIN D'ETUDE

Pour l'obtention du diplôme Master

En Génie des procédés

***Option:* Génie des Procédés des Matériaux**

Présenté par:

Hakima BECHAREF & Imene BOUAZDIA

Etude des produits abrasifs: Propriétés et applications

Soutenu le 07/07/2020

Devant le jury :

Mme O. BELARBI	**Maitre Assistant A**	**Université de Saida**	**Président**
DR A. BENHALIMA	**Maître de Conférences B**	**Université de Saida**	**Examinateur**
DR F. Z. CHOUMANE	**Maître de Conférences A**	**Université de Saida**	**Rapporteur**

Promotion: 2019-2020

Remerciements

On remercie dieu le tout puissant de nous avoir donné la santé et la volonté d'entamer et de terminer ce mémoire.

Ce travail a été réalisé sous la direction de Dr Fatima Zohra CHOUMANE, Maitre de conférences A, au département de génie des procédés, faculté de technologie de l'université Dr Tahar Moulay de Saida, en collaboration avec Mr. Mohammed ALLAM responsable chargé de la recherche et du développement de l'entreprise d'ABRA-Saida.

Tout d'abord, ce travail ne serait pas aussi riche et n'aurait pas pu avoir le jour sans l'aide et l'encadrement de Dr **F. CHOUMANE** Nous exprimons notre profonde reconnaissance pour la qualité de son encadrement exceptionnel, pour sa patience, sa rigueur et sa disponibilité durant notre préparation de ce mémoire.

Nous remercions vivement **Mr. Mohammed ALLAM** pour la confiance qu'il nous a témoigné en dirigeant ce travail, et aussi pour sa disponibilité, sa patience, ses précieux conseils et aussi pour son soutien permanent et son encouragement.

Nous remercions tous les membres de l'unité Abra-Saida pour leur contribution directe ou indirecte pour leurs aides, leurs disponibilités et les moyens qu'ils nous ont mis à notre disposition pour la réalisation de ce travail.

Nous tenons à remercier particulièrement **Mme. O. BELARBI** pour son aide précieuse, sa patience, sa disponibilité et surtout ses conseils, qui ont contribué à alimenter nos réflexions tout au long de l'élaboration de ce travail.

Nous remercions vivement l'ensemble des membres du jury **Mme BELARBI** et **Dr BENHALIMA** pour l'intérêt qu'ils ont accordé à ce travail en acceptant de l'évaluer. Qu'ils trouvent ici le témoignage de notre respectueuse gratitude.

Nos vifs remerciements s'adressent à nos enseignants : Mme. BELARBI, Mr. BOUDINAR, Mr. GHALI, Mr. GUEZZEN, Mr. OUAZENE, Mr. AIMER, Mr. DAOUDI, Mr. BENHALIMA et Mr. ADJDIR. Bref à tous les enseignants qui ont participé à notre formation pendant le cycle universitaire.

Nous tenons à remercier du fond du cœur, tous ceux et toutes celles qui ont contribué de près ou de loin à la réalisation de notre présent travail.

Merci à tous

Dédicace

Je dédie ce modeste travail qui est le fruit de plusieurs années d'études à

***Mon Père* : Becharef Abd-el-Kader**

Aucune dédicace ne saurait exprimer l'amour, l'estime, le dévouement et le respect que j'ai toujours pour vous. Rien au monde ne vaut les efforts fournis jour et nuit pour mon éducation et mon bien être. Ce travail est e fruit de tes sacrifices que tu as consentis pour mon éducation et ma formation le long de ces années.

***Ma Mère* :**

Tu représente pour moi la source de tendresse et l'exemple de dévouement qui n'a pas cessé de m'encourager. Tu as fait plus qu'une mère puisse faire pour que ses enfants suivent le bon chemin dans leur vie et leurs études.

mes frères ***Youcef*** *et* ***Benyamina*** *, A ma chère sœur et son mari pour leurs soutien moral et leurs conseils précieux tout au long de mes études. Sans oublier ma joie, ma nièce* ***Ishraq*** *et mes neveux*
Abd-El-Kader *et* ***Mohammed****.*

Wadjoulti*, pour tous nos moments heureux ensemble, merci pour ton soutien inconditionnel, ton encouragement et ta serviabilité, que Dieu te procure tout le bonheur que tu mérite.*

mon binôme ***Imen****, et mes chères amies* ***Asmaa*** *et* ***Hayat*** *pour leur soutien lors de la préparation de ce mémoire.*

mes amie De Toujours : ***Dallal****,* ***Fatima*** *et* ***wouroud****.*
En souvenir de notre sincère et profonde amitié et des moments agréables que nous avons passés ensemble.

Tous ceux qui me connaissent de près ou de loin et à tous ceux qui m'ont aidé à réaliser ce travail.

Becharef Hakima

Dédicace

Dieu tout -puissant Merci d'être toujours auprès de moi

Je dédie ce projet à celle qui m'a donné la vie, qui s'est sacrifié pour mon Bonheur et ma réussite ma mère…

A mon père qui a été mon ombre durant toutes les années des études,

Que Dieu les garde et les protège

à mes deux adorables frères

à mon amie Hakima

à mon ami Aladin, merci pour ton soutien

à mes chères tantes Naima, Souad, Akila, Wahiba, Asma ,Fadila et karima

à mes précieuses cousines Aicha, Soumia et Sara

à toute la famille Bouazdia et la famille kaddouri

à tous ceux que m'aiment,

Je dédie ce travail

Imene

Sommaire

Sommaire

Liste des figures

Liste des tableaux

Abréviations

I. Introduction générale 1

Chapitre I: *Étude bibliographique sur les matériaux abrasifs*

I.1. Définition..... 3

I.2. Les abrasifs..... 3

I.3. Composition des abrasifs..... 3

I.3.1. Les grains abrasifs..... 3

I.3.1.1. Les abrasifs naturels..... 3

I.3.1.2. Les abrasifs synthétiques..... 4

I.3.2. Les liants..... 5

I.3.2.1. Liant céramique vitrifié "V"..... 6

I.3.2.2. Liant rétinoïde "B"..... 7

I.3.2.3. Liants métalliques "M"..... 7

I.3.2.4. Liants métallo-céramiques (métallo-vitrifié) "MV-MNT"..... 7

I.3.3. Les supports..... 8

I.3.3.1. Papier..... 8

I.3.3.2. Toile..... 8

I.3.3.3. Fibre..... 9

I.3.3.4. Film..... 9

I.4. Classification des abrasifs..... 9

Sommaire

I. 4.1. Les abrasifs liés (agglomérés)..... 10

I.4.1.1. La meule abrasive..... 10

I.4.1.2. Le disque abrasif..... 11

I.4.2. Les abrasifs appliqués..... 12

I.4.2.1. Les formes des abrasifs appliqués..... 13

I.5. Processus de fabrication des abrasifs..... 14

I.5.1. Fabrication des abrasifs liés..... 14

I.5.2. Fabrication des abrasifs appliqués..... 14

Chapitre II: *Unité d'ABRA – Saida*

II.I. Introduction..... 16

II.2. Définition d'un produit abrasif..... 16

II.3. Présentation de l'unité ABRA Saida..... 16

II. 4. Sections de l'unité ABRA Saida..... 17

II. 5. Production de l'unité..... 17

II.5.1. Les abrasifs liés..... 17

II.5.1.1. Les matières premières..... 18

II.5.2. Les abrasifs appliqués..... 19

II.5.3. Spécification des abrasifs..... 19

II.6. Processus de fabrication..... 20

II.6.1. Fabrication des abrasifs liés..... 20

II.6.1.1. Préparation et mélange des matières premières..... 21

II.6.1.2. Mise en forme des meules et disques abrasifs (abrasifs liés)..... 24

II.6.1.3.Séchage..... 25

II.6.1.4. Cuisson..... 25

II.6.1.5. Finition..... 27

II.6.1.6. Le contrôle..... 27

II.6.1.6.1. Contrôle visuel..... 27

II.6.1.6.2. Le balourd..... 27

II.6.1.6.3. Contrôle de densité 28

II.6.1.6.4. Contrôle de facteur de rendement..... 28

II.6.1.6.5. Contrôle uniquement pour les meules abrasives..... 28

II.6.1.7. Emballage et étiquetage..... 29

II.6.1.8. Expédition..... 29

II.6.2. Fabrication des abrasifs appliqués..... 30

II.6.3. Contrôle du papier abrasif..... 30

II.6.3.1. Contrôle du papier semi-fini..... 30

II.6.3.2. Contrôle de papier fini..... 30

Chapitre III: *Caractéristiques des produits abrasifs et leurs effets sur l'environnement*

III.1. Introduction..... 31

III.2. Les propriétés des abrasifs..... 31

III.2.1. La taille et la granulométrie des grains abrasifs..... 31

III.2.2. La dureté..... 32

III.2.3. La résistance à la fracture..... 32

III.2.4. Les couche..... 33

III.2.5. Recouvrement par gravité..... 33

III.2.6. Les supports 33

III.3. Critères du choix des produits abrasifs..... 33

III.3.1. Selon la composition et le type du support..... 34

III.3.2. Selon l'utilisation (application)..... 34

Sommaire

III.3.3. Selon le prix..... 34

III.4. Application des produits abrasifs..... 35

III.4.1. La rectification..... 35

III.4.2. Le tronçonnage (Le découpage)..... 35

III.4.3. Doucissage (rodage)..... 36

III.4.4. Le polissage..... 36

III.4.5. La reprise de forme..... 36

III.4.6. La finition..... 37

III.4.7. Le fraisage..... 38

III.4.8. Affutage..... 38

III.4.9. Les applications selon ABRA-Saida..... 38

III.5. Les différences entre les matériaux produits..... 39

III.6. Effets des produits abrasifs sur la santé et l'environnement..... 40

III.6.1 Le phénol..... 41

III.6.1.1. Impact environnemental..... 41

III.6.1.2. Impact sur la santé..... 41

III.6.2. Le formol..... 42

Conclusion générale..... 44

Références bibliographiques..... 46

Annexe

Liste des figures

Figure	*Titre*	*Page*
Figure I.1	Quelques types de grains abrasifs en diamant synthétique	5
Figure I.2	Quelques formes des meules abrasives	11
Figure I.3	La forme de la meule abrasive	11
Figure I.4	Les principaux constituants de disque abrasif	12
Figure I.5	La composition d'un abrasive appliqué	13
Figure I.6	La Distribution ouverte	14
Figure I.7	La Distribution fermé	14
Figure I.8	Processus de la fabrication des abrasifs appliqués	15
Figure II.1	Localisation de l'unité d'ABRA Saida par rapport à la ville de Saida	16
Figure II.2	les différentes sections de l'unité ABRA Saida	17
Figure II.3	Processus de la fabrication des meules et disques abrasifs	21
Figure II.4	Réservoir des grains abrasifs **(a)**, réservoir des liants abrasifs**(b)**	22
Figure II.5	Exemple de grains abrasifs 89A (corindon) constitué de 3 tailles différentes	22
Figure II.6	Exemple de liant **(a),** Exemple des additifs (La Dextrine) **(b)**	23
Figure II.7	mélangeur discontinu (Mélange bakélite) **(a)**, Mélangeur discontinu (Mélange céramique) **(b)**	23
Figure II.8	Presses hydrauliques des mélanges céramiques **(a)** et des mélanges bakélites **(b)**	24
Figure II.9	Des meules céramiques exposées à l'air libre	24
Figure II.10	Des meules céramiques dans une chambre de séchage	25

Figure II.11	Fours de cuisson des meules	26
Figure II.12	fours de cuisson des disques	26
Figure II.13	Section des produits non conformes	29
Figure II.14	Produits abrasifs étiquetés	29
Figure III.1	Organisation structurelle d'un grain abrasif aggloméré. (Source PENTAR)	33
Figure III.2	Principe de la rectification : plane **(a)**, cylindrique **(b)**	35
Figure III.3	Opération de tronçonnage (source PFERD)	36
Figure III.4	Operations de reprise de forme-**(a)** arasage de soudure, **(b)** ébarbage (source 3M, PFERD	37
Figure III.5	**(a)** Principe de toilage, **(b)** Modélisation de la structure d'une toile abrasive,**(c)** Vue au MEB d'une toile réelle de calibre 20 µm ,**(d)** Exemple du dispositif de toilage.	37

Liste des tableaux

Tableau	*Titre*	*Page*
Tableau I.1	Les différentes formes des liants vérifiés	6
Tableau II. 1	Matières premières des liants abrasifs	18
Tableau II. 2	Matières de charges abrasives	19
Tableau III.1	Classification par taille des grains abrasifs établie par la FEPA	31
Tableau III.2	Classement établie par Friedrich MOHS	32
Tableau III.3	Domaines d'application des produits abrasifs de l'unité d'ABRA-Saida	39

Liste des abréviations

ENAVA	Entreprise Nationale des Verres et Abrasifs
V	Vérifié
B	Bakélite
A	Alumine (Al_2O_3)
C	Carbure de silicium (SIC)
S	Silicate $[SiO_4]^-$
M	Métallique
FEPA	Fédération Européenne des Producteurs d'Abrasif
COV	Composés Organique Volatils
CMR	Cancérogène-Mutagène-Reprotoxique
SO_X	Oxyde de soufre
NO_X	Oxyde d'azote
CH_2O	Le formol
C_6H_6-OH	Le phénol
ISO	International Organisation for Standardisation (Organisation internationale de normalisation)

Introduction générale

Introduction générale

Connues depuis la préhistoire, les propriétés abrasives de certains minéraux ont été cantonnées depuis l'antiquité jusqu'à la deuxième moitié du XIX e siècle dans les travaux d'aiguisage et de polissage. Les meules en grès des rémouleurs et les plateaux à polir des lapidaires sont une survivance de cette époque. **[1]**

Ce n'est que vers 1850 qu'apparaîtront les premières meules réalisées à partir d'abrasifs naturels : quartz, émeri, agglomérés par de la gomme laque, de la magnésie ou du caoutchouc ; il fallut encore un quart de siècle pour que naisse la fabrication industrielle de meules à agglomérant céramique et un autre quart de siècle pour que soient produits en quantité notable les deux abrasifs artificiels encore le plus utilisés de nos jours : l'oxyde d'aluminium et le carbure de silicium. **[1]**

C'est l'avènement de ces abrasifs fabriqués (improprement qualifiés parfois d'artificiels par opposition à naturels) qui a permis, depuis le début du XX e siècle, la réalisation de pièces mécaniques devant présenter à la fois des tolérances géométriques serrées et des états de surface poussés. . **[1]**

Dans ce contexte, nous avons effectuées un stage de durée de 15 jours au niveau de l'unité d'ABRA-Saida pour comprendre le secteur des matériaux abrasifs et leurs propriétés ainsi ces applications.

Cette unité produit plusieurs types de produits abrasifs tels que les abrasifs liés, les abrasifs appliqués, ainsi que les meules céramiques et les meules bakélites, destinés aux différentes applications telles que la rectification, l'affutage, le tronçonnage et l'ébarbage, mais ne produit pas les matières premières.

Dans le cadre de ce mémoire de fin d'études, l'objectif de notre travail consiste à comprendre le secteur d'abrasif, les étapes de leur fabrication, ainsi que l'étude des propriétés de ces produits.

Cette étude a nécessité trois chapitres :

- le premier chapitre donne un aperçu sur les abrasifs, leurs constituants ainsi que les différents types des abrasifs.
- le deuxième chapitre est entièrement consacré à présenter l'unité d'ABRA-Saida, les différentes sections de cette unité, le protocole utilisée pour la fabrication des

produits abrasifs, ainsi que les tests effectués pour la vérification de la conformité de ces produits.

- Le troisième chapitre est exclusivement présenté les propriétés des abrasifs, leurs domaines d'application ainsi que les critères du choix de ces produits et l'effet de ces produits sur la santé et l'environnement.

Et enfin, une conclusion générale est donnée pour résumer notre travail.

Chapitre I

Etude bibliographique sur les matériaux abrasifs

I.1. Définition

Le processus d'abrasion est défini comme un mécanisme complexe où un matériau à dureté élevée raye une surface antagoniste constituée par un matériau moins dur, engendrant une modification plastique de sa surface, sa principale caractéristique est l'irréversibilité. **[2, 3]**

Dans ce chapitre, nous présentons une étude bibliographique générale sur les matériaux abrasifs ainsi nous énumérons les différentes classes des produits abrasifs.

I.2. les abrasifs

Les abrasifs sont des matériaux constitués de grains abrasifs maintenus entre eux par un liant, ce sont généralement des matériaux naturels ou artificiels.

L'abrasif permet d'enlever de la matière, une action mécanique (manuelle ou avec une machine) est requise, contrairement aux agents chimiques qui agissent par simple contact. **[4]**. L'abrasif doit posséder certaines qualités **[5] :**

- Il doit être plus dur que la matière à usiner.
- Il doit être suffisamment robuste pour résister aux efforts de meulage.
- Il doit résister à la chaleur afin de ne pas s'émousser sous l'effet de hautes températures.
- Il doit être friable de manière que lorsque leurs arêtes s'émoussent, ils laissent de nouvelles arêtes vives pour poursuivre le travail.

I.3. Composition des abrasifs

Il faut savoir qu'un abrasif se compose de trois éléments :

- Des grains abrasifs.
- Des liants
- Des supports

I.3.1.les grains abrasifs

Les abrasifs sont classés en deux types : naturels et synthétiques

I.3.1.1.Les abrasifs naturels

Les premiers abrasifs utilisés en fabrication mécanique étaient d'origine naturelle. Les poudres d'Émeri, de Corindon et de Grenat, ces abrasifs ont été les seuls disponibles jusqu'à l'introduction du premier produit synthétique, alors que les abrasifs en diamant naturel ont été aussi utilisés pour plusieurs années**. [5]**

Généralement, on distingue **[6] :**

- **L'émeri :** il s'agit d'une variété de corindon, broyé, il permet d'obtenir une poudre utilisée comme abrasif.
  Sa dureté est de 9 sur l'échelle de MOHS. Exp : papier-émeri, toile émeri...
- **Le silex :** sa dureté est de 7 sur l'échelle de MOHS.
- **Le verre ou silice pilée :** Exp : papier de verre
- **Le grenat :** de la famille des minéraux, sa dureté est de 7-7.5 sur l'échelle de MOHS.

Avec la disponibilité des abrasifs synthétiques d'excellentes qualités et uniformités, le rôle des abrasifs naturels dans l'industrie a nettement diminué. **[7]**

I.3.1.2. Les abrasifs synthétiques

Les abrasifs synthétiques ont été produits depuis plus de 50 ans, les méthodes de fabrication ont été perfectionnées durant ce temps à une telle ampleur que presque tous les abrasifs utilisés en fabrication mécanique aujourd'hui sont synthétiques. Ils sont typiquement d'une uniformité excellente et une pureté élevée. Ils sont également plus précisément triés et classés que les abrasifs naturels.

Les plus largement utilisés des abrasifs sont les poudres d'oxyde d'aluminium, ils varient du bronze au blanc pur en couleur, selon les impuretés résiduelles, deux autres abrasifs synthétiques important sont le carbure de silicium (SiC) et le carbure de bore (B_4C), ces deux abrasifs sont très durs car la dureté du carbure de bore est proche à celle du diamant. **[8]**

a) Poudre d'oxyde d'aluminium

Elle possède une dureté de 9 sur l'échelle de MOHS, recommandé pour le travail sur l'acier au carbone, les aciers allies, le bronze et le bois dur. **[6]**

La couleur de la poudre abrasive de l'oxyde d'aluminium apporte une indication à la pureté du matériau. L'alumine de presque 100% de pureté est de couleur blanche pure, la couleur blanche cassée indique la présence d'impuretés de résidu minéral, et la poudre abrasive de couleur bronze contient un pourcentage appréciable de ces minéraux. **[8]**

b) Le carbure de silicium

Le carbure de silicium est un matériau abrasif synthétique très dur qui a plusieurs applications en industrie. Aucune forme naturelle de ce minéral n'a été trouvée. Les deux types de carbure du silicium sont diffèrent par leurs couleur, densité et dureté. L'un est noir ou gris foncé et l'autre est vert. Le carbure de silicium noir est plus tenace et légèrement plus dur que le carbure de silicium vert. La raison de cette différence est que le carbure de silicium noir a une structure moins poreuse qui lui donne une densité plus élevée que celui vert.

Cependant, puisque les paramètres physiques des deux types sont presque identiques, il est peu probable l'existence d'une différence réelle dans leurs efficacité de rodage dans les conditions normales de l'opération. **[5]**

Le carbure de silicium est largement utilisé dans les meules abrasives pour le rodage précis des métaux et autres matériaux durs et fragiles. Cependant, Les meules en carbure de silicium sont rarement employées dans la fabrication optique puisque la plus part des outils liés utilisés dans ce domaine sont en diamant. **[9]**

c) Le zirconium alumine ou oxyde de zirconium

Il dispose d'une dureté proche de 10 sur l'échelle de MOHS, il est parfait pour les travaux de dégrossissement, sa longue durée de vie s'explique par le fait que la rupture de ces grains extrafine a chaque fois de nouveaux points d'abrasion. On le retrouve souvent sous forme de garnitures pour les machines. **[6]**

d) L'oxyde d'aluminium céramique

Ce matériau est idéal pour le travail sur les aciers forges ou au carbure, ainsi que sur les alliages à haute teneur en nickel et en cobalt. **[6]**

e) le diamant [5]

Les abrasifs en diamant jouent un rôle toujours croissant dans la fabrication mécanique, et des semi-conducteurs. Ils sont utilisés sous forme de poudre comme une suspension en diamant, ou ils sont liés dans une matrice métallique ou organique pour les utiliser sous plusieurs formes d'outils en diamant. L'utilisation de la suspension de diamant a été limitée jusqu'à maintenant au doucissage et au polissage de matériaux durs et difficile à travailler tels que quelques métaux et les céramiques. **(Figure I.1)**

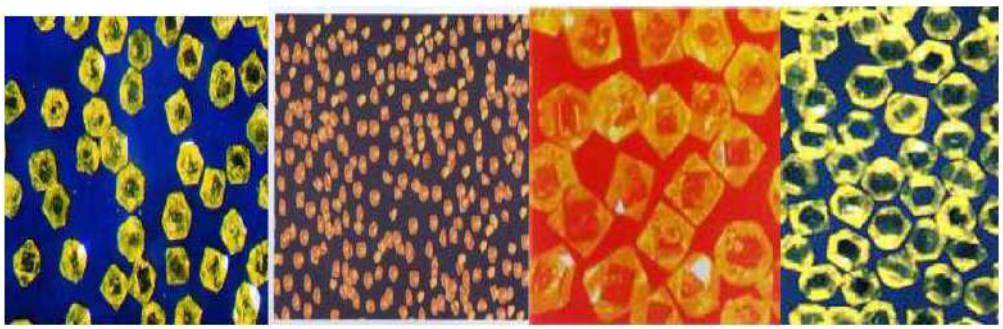

Figure I.1. Quelques types de grains abrasifs en diamant synthétique **[9].**

I.3.2.Les liants [6]

Le liant (ou adhésif) est la colle qui permet de fixer les grains abrasifs sur le support. Généralement, deux couches de colle (de même nature ou différentes) sont appliquées :

-La couche de base permet d'établir la base des grains abrasifs sur le support.

-La couche de liaison ou de recouvrement enrobe les grains abrasifs qui sont réunis.

L'origine des adhésifs est :

- ***Naturelle :***

-Colle animale. Ex : riche en collagène comme la colle de peau de lapin…

-Colle végétale. Ex : à base de matières amylacées.

- ***Synthétique* :**

En général, ce sont des résines telles que la résine urée-formol ou la résine phénolique.

I.3.2.1. Liant céramique vitrifié "V"

Les liants vitrifiés sont les plus courants pour les opérations de précision **(Tableau I.1).** La porosité et la résistance des meules comprenant ce liant assurent un fort enlèvement de matière, leur rigidité permettant d'obtenir une haute précision. **[10]**

Ces liants peuvent être d'origine naturel comme (argile, kaolin) ou artificiel. A partir de ces constituants de base, les fabricants ont élaboré une grande variété d'agglomérats en fonction des opérations à réaliser (affûtage, rodage, rectification,…) et des contraintes liées à ces opérations (échauffement,…). **[1]**

Tableau I.1. Les différentes formes des liants vitrifiés. **[10]**

Le liant vitrifié	**Utilisation**
V	correspond au liant vitrifié à haute température d'origine, il s'utilise généralement lorsque des meules plus dures sont nécessaires
VS	est un système de liant vitrifié haute performance, à faible température, très polyvalent utilisé dans pratiquement toutes les applications et et principalement pou l'affûtage, la rectification cylindrique intérieure et extérieure, centerless et plane.
VTECH	Liant haute technologie à basse température, utilisé avec les abrasifs conventionnels, recommandé dans les applications de pointe pour optimiser les performances et les paramètres de dressage.
VX	Le liant VX permet une meilleure tenue d'angle/de forme dans la plupart des applications - c'est le liant idéal pour les abrasifs céramiques SG.
VXP	Liant VX à porosité induite destiné aux grandes surfaces de contact et rectification plane.

I.3.2.2. Liant rétinoïde "B"

Les liants rétinoïdes sont des résines de synthèse, généralement à base de phénol et de formol, une fois polymérisées, elles constituent des agglomérats très résistants à la force centrifuge, avec des modules d'élasticité et conductivités thermiques supérieurs à ceux des agglomérats vitrifiés**. [11]**

De ce fait, ces liants sont peu sensibles aux impacts, mais l'exposition aux produits chimiques doit être évitée (réduction de la résistance mécanique).

En raison de leur grande résistance, les liants rétinoïdes sont utilisés préférentiellement en cas de vitesse périphérique élevée ou dans des opérations avec gros enlèvement de matière : ébarbage, tronçonnage ou encore dans des opérations avec tenue d'angle : rectification en plongée de cames, de filetages,… **[11]**.

I.3.2.3. liants métalliques "M"

Les liants métalliques sont composés de différents alliages de bronze, la tenue thermique de tels liants peut aller jusqu'a environ 600 °C**.** En raison de leur grand pouvoir de retenue des grains, les outils à liant métallique se caractérisent par leur excellente tenue de forme, ce qui peut être un critère déterminant pour la rectification de profils. L'excellente capacité d'évacuation de la chaleur de rectification contribue à confère des performances supérieures dans des cas de fortes sollicitations thermiques. **[4]**

I.3.2.4. liants métallo-céramiques (métallo-vitrifié) "MV-MNT"

Comme dans les liants céramiques classiques, différentes sortes de verre sont utilisées pour les liants métallo-céramiques. La différence par rapport aux liants céramiques classiques réside dans leur processus de fabrication, alors qu'un liant céramique classique est cuit au four selon un processus de « sintérisation hors pression », c'est-à-dire sans pression, le liant métallo-céramique est pressé sous des températures élevées, comme les liants métalliques (environ 600°C).

Les applications typiques des liants métallo-céramiques se trouvent par exemple dans la rectification cylindrique intérieure, l'usinage du saphir et de la céramique oxyde. **[4]**

Il existe de nombreux autres liants comme :

-liant caoutchouc **R**.

-liant silicate **S**.

-liant caoutchouc avec armature tissé incorporée **RF**.

- Liant galvanique ou électrolytique.

I.3.3.Les supports [10]

Qu'il soit fait de papier, de tissu, de fibres vulcanisées ou de polyester, le support doit être suffisamment lisse pour obtenir un revêtement adhésif uniforme, suffisamment résistant pour supporter la pression, et suffisamment souple pour s'adapter le cas échéant aux formes complexes. Pour des raisons d'économie, il est recommandé de choisir le support le moins cher compatible avec les exigences de l'application.

I.3.3.1. Papier

Les grammages de papier standards utilisés dans les abrasifs appliqués sont indiqués par un code de lettre inscrit juste à côté de la granulométrie sur le support du produit fini. De manière générale, on peut dire que plus le support est léger, plus il est souple, et que plus il est fort, mieux il résiste à la déchirure.

- **Grammage A (70 g)** : Léger et flexible, le grammage A est avant tout destiné aux travaux de finition manuelle, à sec ou humide. Grains 80 µm et plus fins.
- **Grammage C (120 g)** : Plus résistant et moins souple que le grammage A. Ce grammage est choisi pour le ponçage manuel, humide ou à sec, et sur les petites ponceuses portatives. Ponçage intermédiaire à fin. Grains 60 µm à 180 µm.
- **Grammage D (150 g)** : Plus résistant et moins souple que le grammage C. Ce grammage est choisi pour le ponçage manuel, et sur les petites ponceuses portatives. Ponçage grossier à intermédiaire. Grains 36 µm à 80 µm.
- **Grammage E (220 g)** : Plus résistant et moins souple que le grammage D, Ce support est surtout employé sur les rouleaux, les bandes et les disques, qui nécessitent une grande résistance à la déchirure.
- **Grammage F (300 g) :** Le plus solide et le moins souple des supports papier. Employé sur les rouleaux de superfinition des vilebrequins, et pour les bandes et rouleaux destinés aux tanneries.

I.3.3.2. Toile

Les supports en toile sont plus durables que ceux en papier, ils présentent une meilleure résistance à la déchirure, et tolèrent les efforts de torsion et de flexion subis en cours d'utilisation. Norton utilise la toile tissée selon un procédé traditionnel dans la fabrication de leurs abrasifs appliqués. Le support toile a des caractéristiques structurelles qui le rendent particulièrement adapté à certaines applications spécifiques.

Les grammages de supports toile standards utilisés dans les abrasifs appliqués sont indiqués par un code de lettre inscrit juste à côté de la granulométrie sur le support du produit fini.

- **Grammage J** : Le plus léger et le plus souple des supports toile. Il est employé lorsque la qualité et l'uniformité de la finition sont plus importantes que l'enlèvement de matière. Il convient parfaitement aux opérations de polissage et lorsque la souplesse est nécessaire, par exemple sur des surfaces courbes.
- **Grammage X** : Plus solide et relativement rigide par rapport au grammage J, les produits à gros grain conviennent parfaitement aux applications d'enlèvement de matière, les granulométries plus fines convenant mieux aux finitions et au polissage. Une productivité constante, une excellente finition et une grande longévité sont les caractéristiques des produits dotés de ce support à grammage X.
- **Grammage Y** : Plus solide et plus résistant à la déchirure longitudinale que les tissus standards, le support de grammage Y s'utilise sur des produits conçus pour les applications difficiles, telles que le travail à bande abrasive étroite sur outils à main, le ponçage à bandes larges et le dimensionnement de bois débité et de panneaux de particules.

I.3.3.3. Fibre

Les supports fibre, fabriqués à partir de plusieurs couches de papier vulcanisé, sont extrêmement durs et résistants, tout en garantissant suffisamment de souplesse. Le support fibre d'une épaisseur de 0,8 mm est le support le plus résistant utilisé pour les abrasifs appliqués. Ce support s'emploie sur les disques fibre à liant résine destinés aux applications de meulage sur machine portatives pour utilisation intense.

I.3.3.4. Film

Les supports film s'utilisent sous arrosage ou à sec et présentent une excellente résistance aux produits chimiques, tout en étant résistants à la déchirure et durables.

I.4. Classification des abrasifs [5]

Les abrasifs sont classés en trois catégories principales, et que dans chacune des ces catégories on trouve divers types et dimensions.

· Les abrasifs agglomérés : les meules et les disques de meuleuse.

· Les abrasifs appliqués : les papiers abrasifs, les bandes abrasives, les rouleaux abrasifs et les disques abrasifs.

· Le troisième type concerne de l'utilisation des grains en suspension sur un support (toile, tissus...etc.), comme par exemple les polissoirs chargés en abrasifs.

I. 4.1.Les abrasifs liés (agglomérés)

On désigne par terme (abrasifs liés), un agglomérant de grains abrasifs et de liant solidifiés à une température en fonction de la nature des liants. Les grains sont liés entre eux par un liant**. [12]**

I.4.1.1.La meule abrasive

Une meule est un outil de précision portant des milliers de points de coupe, elle est constituée de grains d'abrasif maintenus ensemble par une matrice de liant, et séparés par des pores. Les grains d'abrasif constituent les points de coupe tandis que le liant est destiné à maintenir ensemble les grains. **[10]**

- **Topologie de la meule**

La topographie de la meule agit directement sur les performances de coupe et sur la rugosité de la surface obtenue. La composition de la meule, la taille des grains, la granulométrie, le liant, la porosité, la densité de grain ainsi que les conditions de dressage ont un effet important sur la topographie de la surface **[13, 14].**

Une meule est alors considérée comme l'ensemble d'un très grand nombre de petits outils (cristaux abrasifs) répartir au sein d'une matrice formant le support, assurant l'enlèvement d'une petite quantité de matière. Le mode d'action de la meule sur la pièce usinée peut être décrit comme une succession d'actions de grains abrasifs sur une surface **[15]**

- **Formes des meules [16]**

La forme d'une meule dépend des travaux auxquels elle est destinée (rectification extérieure, intérieure, plane,...) et la forme de la pièce.

Les meules les plus courantes sont **(Figure I.2)** :

- A : meule plate
- B : meule tambour ou à boisseau droit
- C : meule à boisseau conique
- D : meule assiette
- E : meule conique ou à biseau
- F : meule cylindrique ou couronne.

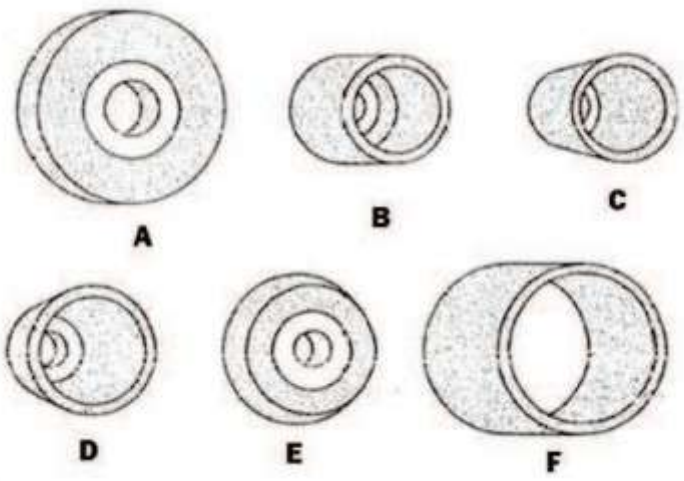

Figure I.2. Quelques formes des meules abrasives

- **Les dimensions de la meule**

Les principales dimensions de la meule sont : le diamètre et l'épaisseur. **(Figure I.3)**.

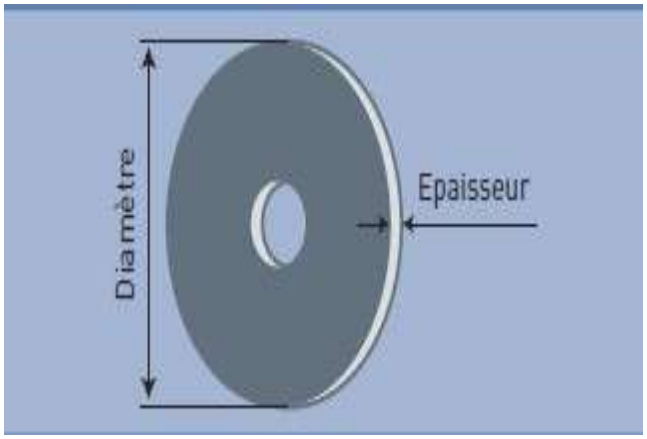

Figure I.3. La forme de la meule abrasive**. [10]**

I.4.1.2.Le disque abrasif

Le disque abrasif est un abrasif aggloméré constitué généralement de **[17]** :

a) L'agglomérat rétinoïde, qui est formé de :

- L'abrasif : corindon pour les métaux ferreux, carbure de silicium pour les matériaux et métaux non ferreux.
- liant en résine synthétique, qui sert à fixer les grains d'abrasif entre eux et sur les tissus de renforcement.

b) Les tissus de renforcement servent de support. Fabriqués en fibre de verre tissée et résinée, ils forment l'ossature du disque abrasif.

c) La bague métallique sert à fixer le disque abrasif sur la machine correspondante, détermine le diamètre de l'alésage. Elle est estampillée de la date de validité du disque.

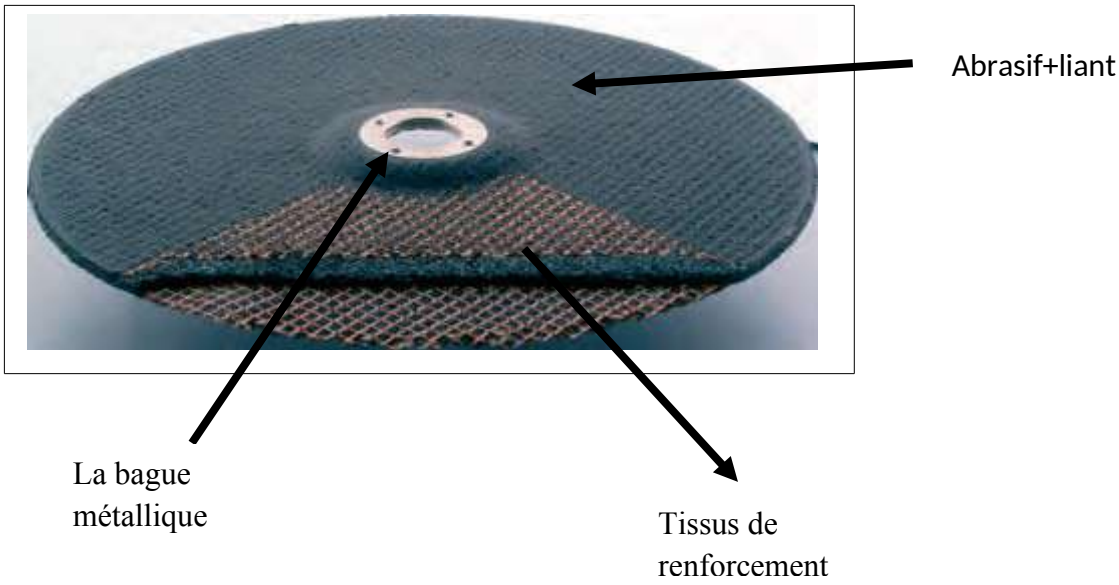

Figure I.4. Les principaux constituants de disque abrasif. **[17]**

I.4.2.Les abrasifs appliqués

Par terme (abrasifs appliqués), on sous entend tous les types de produits abrasifs adhérant par liant liquide (colle animal ou résine), on les utilise surtout pour le ponçage des formes concaves ou convexes difficiles à travailler. **[12]**

Les abrasifs appliqués sont constitués de grains d'oxyde d'aluminium, d'oxyde de Zirconium ou de carbure de silicium collés par un liant (ou adhésif) sur un support qui peut être soit du papier, soit de la toile (toile de coton ou toile de polyester), soit de la fibre.

Ils sont présents sous forme de bandes, disques, rouleaux ou feuilles, pour le ponçage et le polissage. **[5]**

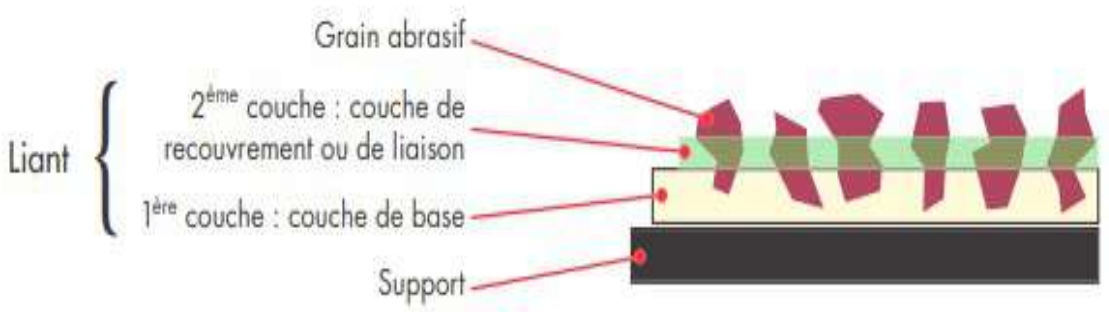

Figure I.5. La composition d'un abrasive appliqué.

I.4.2.1.Les formes des abrasifs appliqués [18]

a) **Les feuilles** : qui peuvent être prédécoupées, le format standard étant de 230 millimètres de largeur pour une longueur de 280 millimètres.

b) **Les rouleaux :** les abrasifs appliqués sont disponibles également sous forme de rouleaux, permettant à leur utilisation des découpes selon les longueurs choisies.

c) **Les bandes abrasives sans fin :** s'utilisent sur des ponceuses à bande, des limes électriques ou pneumatiques.

d) **Des disques abrasifs,** Roues à lamelles et autres garnitures : pour perceuses, meuleuses, ponceuses excentriques…

e) **Le papier :** Pour une utilisation sous arrosage d'eau ou d'huile soluble, certains sont imprégnés de latex afin de garantir leur imperméabilité.

Dans les abrasifs appliqués, il existe deux distributions de grains abrasifs sur le support.

- **Distribution ouverte [6]**

Les grains abrasifs couvrent entre 30 et 60% du support, cela permet un enlèvement de matière plus important. L'écartement entre les grains est grand, permettant une meilleur évacuation des copeaux (ou des sciures). Ce type de poudrage est recommandé pour le travail sur des matériaux dont le risque d'encrassement du produit abrasif est fort. Ex : bois résineux, plâtre, peintures et vernis… (**Figure I.6)**

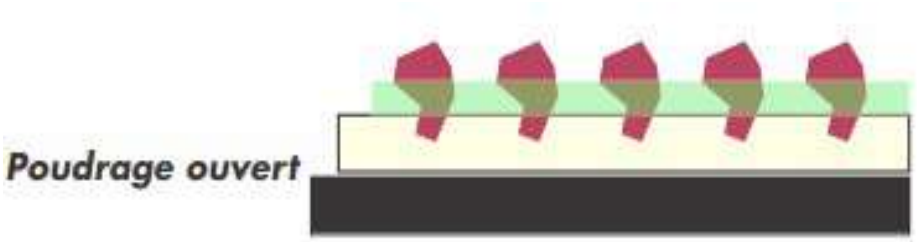

Figure I.6. La Distribution ouverte.

- **Distribution fermée [6]**

Le support est recouvert dans sa totalité de grains abrasifs très serrés entre eux. Cela permet d'obtenir des états de surface soignes (travail de finition). Le risque d'encrassement du produit abrasif doit être faible. **(Figure I.7)**

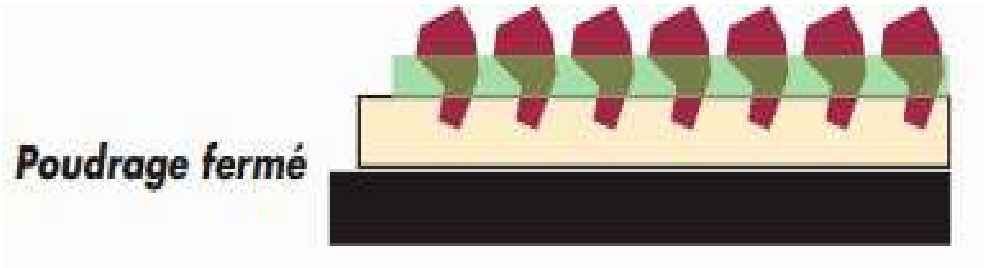

Figure I.7. La Distribution fermé.

I.5. Processus de fabrication des abrasifs

I.5.1.Fabrication des abrasifs liés

Les abrasifs inorganiques sont constitués de grains abrasifs, d'agents liants et de plusieurs additifs qui sont malaxé, façonnés, séchés et cuits**. [19]**

I.5.2. Fabrication des abrasifs appliqués

Le processus de la fabrication des abrasifs appliqués est présenté dans la figure **(Figure I.8)**

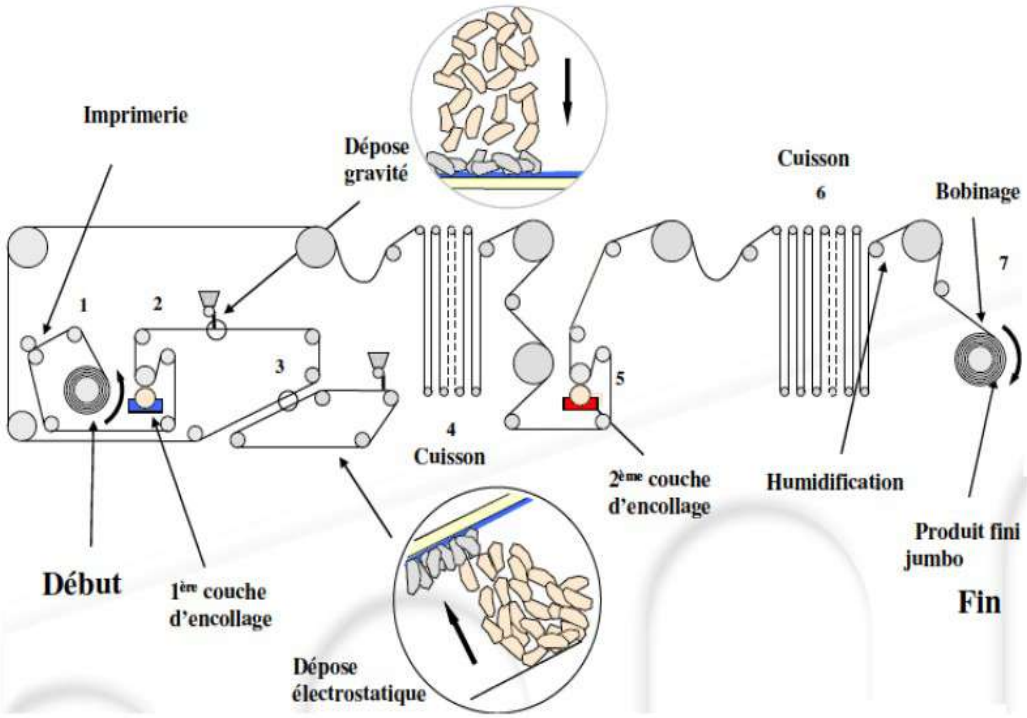

Figure I.8. Processus de la fabrication des abrasifs appliqués**. [11]**

Chapitre II

Unité d'ABRA-Saida

II.I. Introduction

Ce chapitre présente l'unité d'ABRA-Saida ainsi que la méthode utilisée dans cette entreprise pour la mise en forme des produits abrasifs.

II.2. Définition d'un produit abrasif

Un abrasif est un corps dur cristallisé pouvant, par une action mécanique, découper des copeaux dans un corps moins dur que lui. Ce matériau est caractérisé par ses propriétés mécaniques, sa stabilité physico-chimique, sa forme et ses dimensions**. [1]**

II.3. Présentation de l'unité ABRASAIDA

La filiale ABRAS du groupe ENAVA, est le seul producteur des produits abrasifs en Algérie. L'unité est située dans la zone industrielle Erebahia limitée au Nord par Prometal, au sud par la nationale, à l'Est par la Route N° 06 et à l'Ouest par une terre agricole (**Figure II.1**). **[20]**

Figure II.1 : Localisation de l'unité d'ABRA Saida par rapport à la ville de Saida

La société ABRAS a été construite par la société autrichienne UNIVERSABLE BAU. Elle est entrée en exploitation en 1982 et durant la même année, elle a été rattachée à L'ENAVA suite à la restructuration de la SNIC (Société Nationale des Industries Chimiques). Le 05 février 1997, dans le cadre de filialisation opérée par L'ENAVA, l'unité des abrasifs de Saida a été transformée en société par action ABRAS-Spa. **[20]**

Cette unité produit plusieurs types de produits tels que les abrasifs liés, les abrasifs appliqués, ainsi que les meules céramiques et les meules bakélites mais ne produit pas les matières premières.

II. 4. Sections de l'unité ABRA Saida

L'unité ABRAS est composée de différentes sections, chaque section est pourvue de règles et de procédures qui guident son comportement. (**Figure II.2**) **[20]**

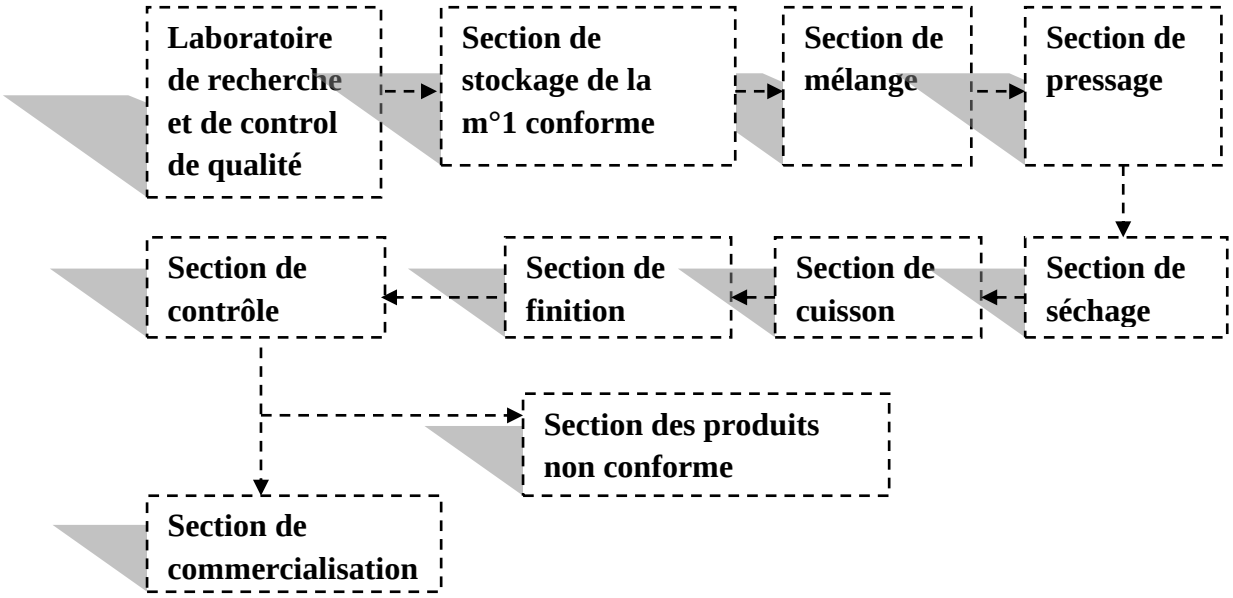

Figure II. 2 : les différentes sections de l'unité ABRA Saida.

II.5. Production de l'unité

La production annuelle de cette unité est estimée à :

-1800 T/an de meules et pierres (abrasifs liés)

-1170 T/an de meules bakélites

-630 T/an de meules céramiques

- 1000 T/an d'abrasifs appliqués.

II.5.1. Les abrasifs liés

L'unité d'ABRA-Saida produit plusieurs types de produits abrasifs liés qui sont les meules céramiques et les meules bakélites (disques bakélites).

Un abrasif lié se compose de trois éléments :

- Des grains abrasifs.
- Un liant.
- Un support.

II.5.1.1. Les matières premières

L'unité d'ABRA-Saida utilise des différentes matières premières, dont certains sont importés de pays étrangers, et d'autres proviennent de différentes régions du pays.

- **Les grains abrasifs**

Parmi les grains utilisés dans cette entreprise on peut citer :

-L'oxyde d'aluminium (Alumine) Al_2O_3, il peut être brun ou blanc selon les impuretés présentant dans l'oxyde d'aluminium. Le corindon blanc est toute fois plus utilisé dans les abrasifs vérifiés

-Carbure de silicium SiC.

- **Le liant**

Les agents liants sont des argiles, des feldspaths et des fritté qui ont une granulométrie bien définie, ABRA-Saida utilise deux différents types des liants abrasifs (**Tableau II.1**) :

-Liant vitrifié ou céramique noté : liant (V)

-Liant résinoïde ou bakélite noté : liant (B)

Tableau II. 1 : Matières premières des liants abrasifs.

Type de liant	**liant vitrifié (V)**	**liant résinoide (B)**
Matières premières des liants	-Fritte S_1, S_2, S_3, S4 -Feldspath sodique S_{20}, potassique S_{21}, argileuxS_{22} -Argile S_{30} -Kaolin S_{40} -Oxyde ferrique F_1	-Trisulfure d'antimoine F_{60} -Kalium aluminium fluorure F_{70} -Résine en poudre H_5

- **Matière de charge**

Il existe deux types de matières de charge (**Tableau II.2**) :

-Matières de charge céramiques (additifs).

-Matières de charge bakélites.

Ces deux types de matière de charge jouent le rôle de liant temporaire.

Tableau II. 2 : Matières de charges abrasives.

	Céramique	**Bakélites**
Matières de charge	-Naphtalène Z_3, Z_5, Z_8 -Chlorothéne Z_6 -Bentonite Z_7 -La cire Z_9 -Dextrine liquide Z_{10} (Z_{11}+l'eau) -Dextrine en poudre Z_{11} -La colle Z_{13}	-Pyrox jaune F61 -Cuivre pyriteux F_{71} -Pyrox rouge F_{81}

II.5.2. Les abrasifs appliqués

L'entreprise d'ABRA-Saida ne fabrique pas de papier abrasif, mais l'importe semi-fini de sociétés étrangères où il est soumis à un ensemble d'opérations pour rendre le papier adapté aux demandes des clients en respectant toutes les propriétés physiques, chimiques ainsi mécanique de ce papier. **[20]**

II.5.3. Spécification des abrasifs

La spécification d'un abrasif est l'identification du produit qui l'accompagne depuis le début de sa fabrication jusqu'à sa vente au client.

La spécification d'un abrasif se compose:

- De type d'abrasif,
- la nature de grain,
- le grosseur de grain,
- le grade ; la structure,
- la nature de l'agglomérant
- et le type de l'agglomérant.

L'unité d'ABRA-Saida applique la spécification de la norme ISO avec **[20]** :

- ***la nature de grain abrasif*** : la spécification est (A) pour un grain alumineux et (C) pour un grain à base de carbure de silicium.

- ***Grosseur de grain varie entre*** :
  - (220 et 600µm) pour un grain gros
  - (70 et 180 µm) pour un grain moyen
  - (30 et 60 µm) pour un grain fin
  - (8 et 24 µm) pour un grain très fin
- ***Le grade*** : il est classé en lettres latines de A qui représente un grade tendre jusqu' a Z qui représente un grade dur.
- ***La nature de l'agglomérant*** : représente le liant utilisé lors de la fabrication avec :
  - Un liant vitrifié : V
  - Un liant silicate : S
  - Un liant caoutchouc : R
  - Une résine synthétique : B

II.6. Processus de fabrication

II.6.1.Fabrication des abrasifs liés

Les abrasifs liés sont constitués de grains abrasifs, d'agents liants et des additifs qui sont malaxés, façonnés, séchés et cuits.

Nous exposons dans ce qui suit la mise en forme des meules abrasives (les meules céramiques et les meules bakélites) dans l'unité d'ABRA-Saïda**. (Figure II. 3)**

Après le contrôle de la matière première et vérification qu'elle est conforme et prête à être utilisée (cette étape est réalisée au niveau de laboratoire de contrôle de qualité de l'unité de **ABRA**), on passe à l'atelier de la fabrication où on passe par différentes section de procèdes.

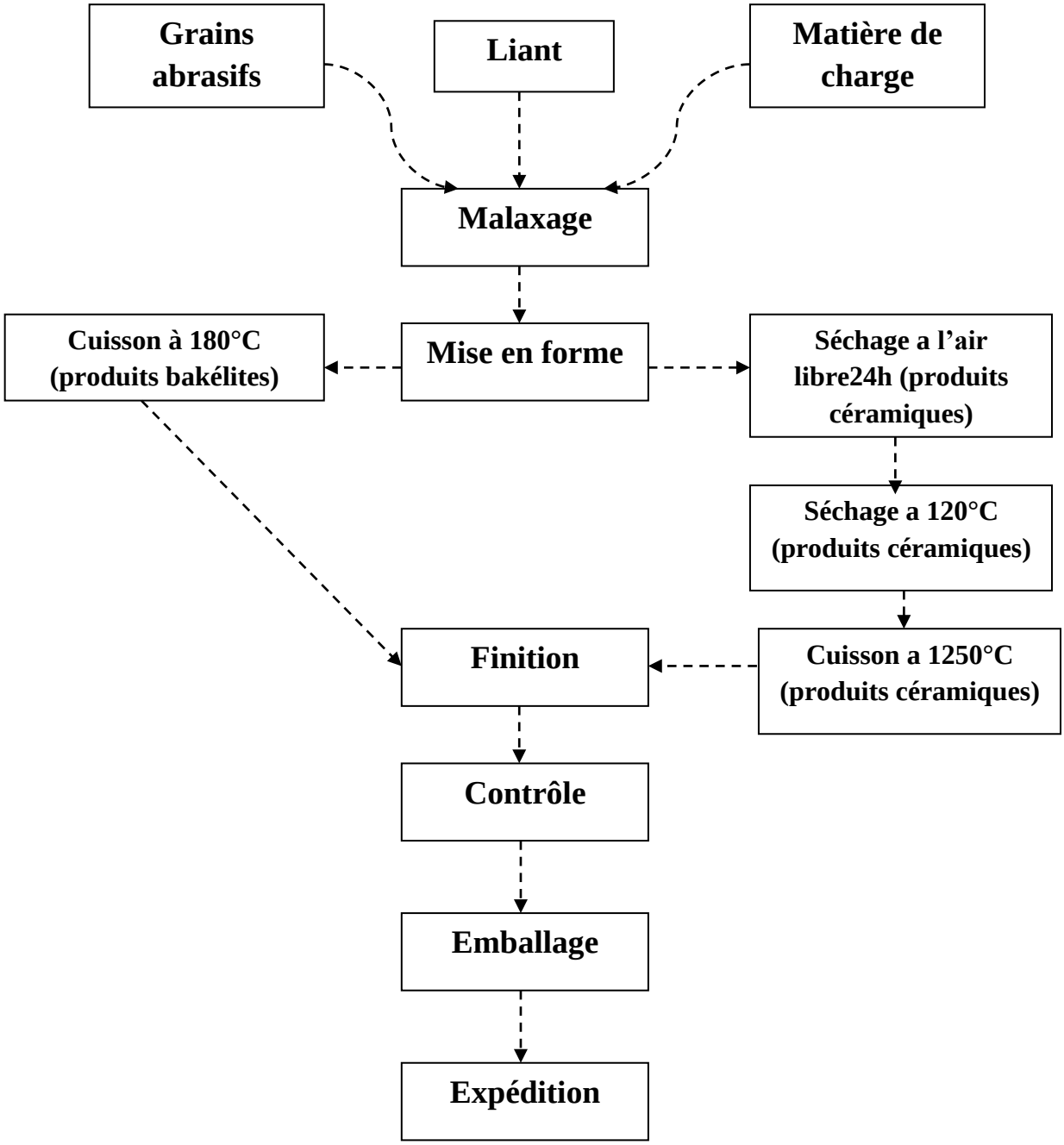

Figure II. 3 : Processus de la fabrication des meules et disques abrasifs.

II.6.1.1.Préparation et mélange des matières premières

a) Stockage de la matière première :

Il existe deux types de réservoir, le 1er est réservé pour les grains abrasifs **(Figure II. 4.a)**, et le 2eme concerne les liants abrasifs. **(Figure II. 4.b)**

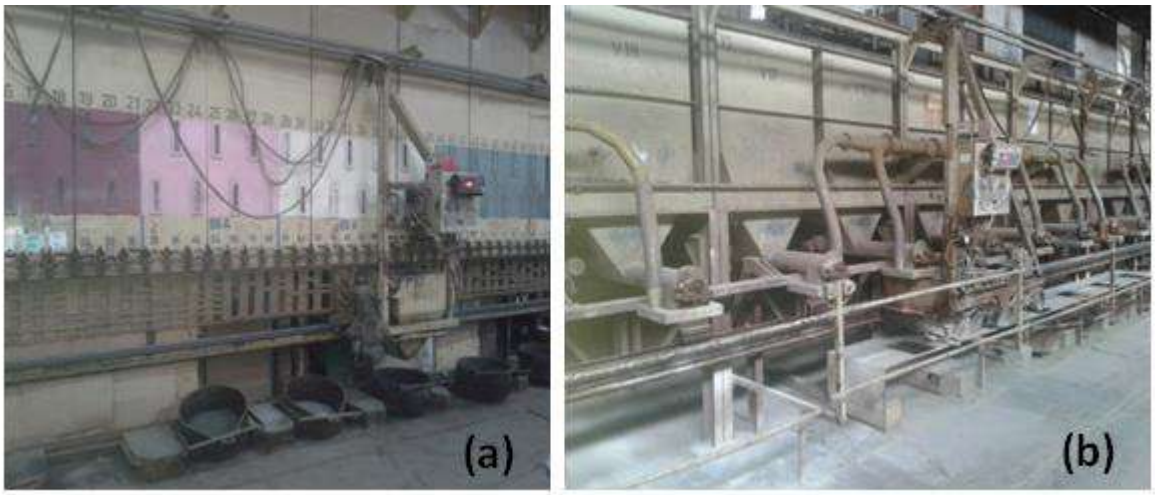

Figure II. 4 : Réservoir des grains abrasifs **(a)**, réservoir des liants abrasifs **(b)**

b) Mélange des matiéres premiéres :

La première étape du procédé de mise en forme des abrasifs liés (meules et disques) consiste à peser et à mélanger une quantité calculée d'un ou de plusieurs types de grains abrasifs avec une quantité de liants et un ou plusieurs additifs toujours à partir de la fiche de fabrication qui contient la demande du client en codes connus. Le mélange est composé de :

Grains abrasifs + agents liants+ liants temporaires + additifs ⟶ abrasif liés

L'exemple de matières premières est présenté dans la **Figure II. 5** et l'exemple de liant est dans la **Figure II. 6 (a)** et la matière de charge dans la **Figure II. 6 (b)**

Figure II. 5 : Exemple de grains abrasifs 89A (corindon) constitué de 3 tailles différentes

Figure II. 6 : Exemple de liant **(a),** Exemple des additifs (La Dextrine) **(b)**

Les matières premières après pesées avec des proportions bien définies ont été mélangées au moyen d'un mélangeur au niveau de la section de mélanges.**(Figure II. 7)**

Figure II. 7 : mélangeur discontinu (Mélange bakélite) **(a)**,
Mélangeur discontinu (Mélange céramique) **(b)**

II.6.1.2. Mise en forme des meules et disques abrasifs (abrasifs liés) :

Pour obtenir les différentes formes des abrasifs inorganiques, on les façonne en comprimant mécaniquement les pièces brutes jusqu'à l'obtention d'une densité donnée, selon des critères de forme et de poids par défaut **[21].** Pour cela l'unité ABRA utilise des différentes presses hydrauliques.

Il existe deux sections de pressage : Pressage des meules céramiques (a) et. Pressage des meules bakélites (b). **(Figure II.8)**

(a)

(b)

Figure II.8 : Presses hydrauliques des mélanges céramiques **(a)** et des mélanges bakélites **(b)**

Les meules abrasives obtenues sont exposés à l'air libre pendant 24h. **(Figure II.9)**

Figure II.9 : Des meules céramiques exposées à l'air libre**.**

II.6.1.3.Séchage

- ✓ **Pour les céramiques**

Après le pressage de mélange abrasif et l'obtention des différentes formes des meules céramiques, ces derniers sont transportés vers la section de séchage.

Le séchage s'effectue dans un séchoir à chambre dans lequel la température atteigne 120°C pendant 24h. **(Figure II.10)**

Figure II.10 : Des meules céramiques dans une chambre de séchage

Les séchoirs sont équipés d'un dispositif de contrôle de l'humidité pour obtenir un séchage sans fissures car la présence d'eau va déformer la pièce façonnée en formant des bulles d'air après cuisson. **[20]**

- ✓ **Pour les bakélites**

A cause de faible épaisseur des disques bakélites et son composition, ils vont se transportée vers le four de cuisson.

II.6.1.4.Cuisson

- ✓ **Pour les céramiques**

Après le séchage, les meules céramiques sont transportées vers un four de cuisson chauffé au gaz naturel sous une température initiale de 50°C qui va augmentée jusqu'à 1250°C pendant une durée de 7 jours. **(Figure II.11)**

Figure II.11 : Fours de cuisson des meules.

- ✓ **Pour les bakélites**

Les disques bakélites sont transportés vers le four de séchage, ce de type four joue le rôle de séchage et de cuisson au même temps sous une température de 190°C. Finalement, la température va se diminue jusqu'à le refroidissement. **(Figure II.12)**

Figure II.12 : fours de cuisson des disques.

II.6.1.5.Finition

Apres la cuisson, on obtient des meules et des disques avec des diamètres plus grands que celle demandés dans la fiche de fabrication, ce qui nécessite de passer à l'étape de la finition (rectification).

La rectification est un procédé permettant de réaliser des surfaces planes ou de révolution**.** Ce procédé est employé sur des matériaux durs.

Pour la qualité de l'état de la surface obtenue et la précision dimensionnelle. Il ya plusieurs sorte de finition : **[22]**

a) la rectification horizontale

La rectifieuse horizontale sert à rectifier le diamètre extérieur des meules céramiques et bakélites. La rectification s'effectuée manuelle ou automatique.

b) la rectification verticale

La rectifieuse verticale sert à rectifier le diamètre intérieur des meules céramiques et bakélites.

c) La rectification plane

Pour obtenir l'épaisseur requis, il est nécessaire de faire passer les meules dans la rectifieuse plane.

d) injection plastique

Le procédé d'injection permet d'obtenir une productivité élevée avec une très bonne reproductibilité des pièces. **[23]**

II.6.1.6. Le contrôle

Apres la finition, les meules et les disques abrasifs sont transportés vers la section de contrôle où ils sont soumis à un ensemble de tests pour prouver son efficacité et sa conformité aux normes internationales.

II.6.1.6.1.Contrôle visuel

Il consiste à contrôler la forme, l'aspect extérieur, l'absence des fissures dans les meules et les disques et la vérification de sa conformité à la demande des clients.

II.6.1.6.2. Le balourd

Sur le balourd, les disques abrasifs sont posés pour contrôler si les deux parties sont proportionnelles. Si la différence est supérieure à la norme, le disque sera rejeté car il va provoquer un danger pendant son utilisation.

II.6.1.6.3.Contrôle de densité :

Ce contrôle consiste à vérifier la densité, ce contrôle est réalisé seulement pour les meules bakélites conventionnelles

$$D = \frac{P}{V}$$

Avec :

D : la densité **(g/m^3)**

P : le poids de la meule **(g)**

V : le volume de la meule **(m^3)**

II.6.1.6.4.Contrôle de facteur de rendement

La majorité des défauts et des fissures sont causées par plusieurs facteurs, dont on peut citer:

-Non conforme à celle demandée par le client.

-Des problèmes lors de malaxage ou de pressage.

-Risque de la déformation de la meule

-Défauts de dimensions lors de la finition.

II.6.1.6.5. Contrôle uniquement pour les meules abrasives [20] :

Les tests effectués lors du contrôle des meules abrasives sont :

- Essai de retrait : est le diamètre après cuisson afin de connaître la valeur de l'humidité perdu après le séchage et la cuisson.
- Essai de la dureté.
- Essai d'équilibrage.
- Examen des dimensions principales.
- Contrôle de la sécurité.
- Test sonique.
- Essai de vitesse de sécurité pour déterminer la vitesse de rotation maximale à laquelle le produit est cassée.
- Contrôle de la régularité de la rotation.

Après le contrôle des produits abrasifs et la vérification de son conformité au celle demandé par le client, les produits rejetées sont transportées vers la section des produits non conforme. **(Figure II.13)**

Figure II.13 : Section des produits non conformes.

II.6.1.7.Emballage et étiquetage

Dans l'étape finale de la fabrication des produits abrasifs, les meules et les disques abrasifs sont étiqueté selon les normes et emballer par un emballage spéciale de l'entreprise (**Figure II.14**).

Figure II.14 : Produits abrasifs étiquetés.

II.6.1.8. Expédition

Après emballage et stockage, les produits abrasifs sont transportés vers la section de commercialisation pour être expédié au client.

II.6.2. Fabrication des abrasifs appliqués

La société d'ABRA-Saida ne fabrique pas le papier abrasif, elle importe le papier sous forme de bobines qui sont découpées en rouleaux de toile ou de fibre, en feuilles, en disques ou en bandes à l'aide d'un ensemble des machines.

II.6.3. Contrôle du papier abrasif [20]:

II.6.3.1.Contrôle du papier semi-fini

Lors de l'arrivage du papier abrasif à l'unité d'ABRA-Saida, il est soumis à un ensemble de tests afin de contrôler sa qualité et sa conformité à la norme internationale. Parmi ces tests :

a) **Contrôle visuel :** Consiste à vérifier la forme du papier, l'absence des fissures et la confirmation de ce papier aux normes.

b) **Test d'abrasion**

Le papier est découpé en rectangles de différentes tailles, qui sont testés dans une machine spéciale afin de savoir sa résistance à l'abrasion.

c) **Contrôle de poids**

Dans ce test, le papier est découpé sous forme de disque, le poids de disque est comparé par rapport à un disque de référence afin de déterminer sa conformité aux normes.

d) **Contrôle microscopique**

Le test microscopique s'effectue à l'aide d'un microscope pour déterminer la position et le recouvrement des grains sur le support.

II.6.3.2. Contrôle de papier fini

Les tests réalisés sur le papier semi fini sont presque les mêmes tests effectués sur le papier fini, dont on peux citer :

- Contrôle visuel
- Test d'abrasion
- Contrôle de poids
- Contrôle dimensionnel

Le papier obtenue est emballé et étiqueté sous les normes avec un emballage bien spécifique de l'entreprise, ensuite il est transporté à la section d'expédition afin de les transporter aux clients.

Chapitre III

Caractéristiques des produits abrasifs et leurs effets sur l'environnement

III.1. Introduction

L'objet de ce chapitre est d'étudier les principales propriétés des abrasifs, leurs applications, ainsi les critères du choix de ces matériaux.

Vu l'importance des abrasifs, une étude comparative entre les matériaux produits et leurs effets sur la santé et l'environnement a été exploré dans ce chapitre.

III.2. Les propriétés des abrasifs

III.2.1. La taille et la granulométrie des grains abrasifs

La granulométrie d'un grain abrasif est très importante afin de fabriquer un bon produit abrasif, pour cela l'unité d'Abra-Saida vérifie toujours la granulométrie des grains abrasif ainsi les matières premières des liants et des additifs.

La dimension moyenne des grains est une donnée essentielle dans le choix d'un outil abrasif. La FEPA (la Fédération Européenne des Producteurs d'Abrasifs) a mis en place un indice de granulométrie en fonction de la taille moyenne des particules abrasive. (**Tableau III.1**). **[24]**

Tableau III.1. Classification par taille des grains abrasifs établie par la FEPA

Indice	Diamètre moyenne en (µm)	Indice	Diamètre moyenne en (µm)
Triage par tamisage		Triage par sédimentation	
P12	1815	**P240**	58,5±2
P16	1324	**P280**	52,2±2
P20	1000	**P320**	46,2±1,5
P24	764	**P360**	40,5±1,5
P30	642	**P400**	35,0±1,5
P36	538	**P500**	30,2±1,5
P40	425	**P600**	25,8±1
P50	336	**P800**	21,8±1
P60	269	**P1000**	18,3±1
P80	201	**P1200**	15,3±1
P100	162	**P1500**	12,6±1
P120	125	**P2000**	10,3±0,8
P150	100	**P2500**	8,4±0,5
P180	82		
P220	68		

III.2.2.La dureté

Les grains abrasifs utilisés dans l'unité d'abra-Saida sont généralement l'oxyde d'aluminium et le carbure de silicium, c'est deux matériaux sont très durs; ayant une dureté successive de 9 et 9,5 sur l'échelle de MOHS.

La principale caractéristique du matériau qui compose un grain abrasif est sa dureté. Friedrich MOHS (Allemagne, 1773 – 1893) est le premier qui a mis en évidence cette propriété en établissant un classement suivant leur dureté en observant l'aptitude d'un matériau (A) à réaliser une rayure dans un matériau (B). **Tableau III.2).**

Le matériau le plus friable est le talc (indice 1), alors que le matériau le plus dur est le diamant (indice 10). De nouvelles techniques d'indentation ont été mise en place (essais BRINELL, VICKERS, ROCKWELL) cette table a été complétée par de nouveaux matériaux. **[24]**

Tableau III.2. Classement établie par Friedrich MOHS

Minéral	Indice de dureté MOHS	Comportement matériau	Dureté VICKERS (kgf/mm^2)
Talc	**1**	Friable sous l'ongle	**2,4**
Gypse	**2**	Rayable avec l'ongle	**36**
Calcite	**3**	Rayable avec une pièce de cuivre	**109**
Fluorite	**4**	Rayable facilement au couteau	**189**
Apatite	**5**	Rayable au couteau	**536**
Orthose	**6**	Rayable a la lime	**795**
Quartz	**7**	Raye une vitre	**1120**
Topaze	**8**	Rayable au carbure de tungstène	**1427**
Corindon	**9**	Rayable au carbure de silicium	**2060**
Diamant	**10**	Rayable avec un autre diamant	**10060**
Indice oxyde d'aluminium =9, du carbure de silicium et de nitrure de bore cubique = 9,5			

III.2.3. La résistance à la fracture [1]

Lorsqu'il pénètre dans la pièce qu'il usine, le grain abrasif subit certaines contraintes mécaniques (choc, effort) et physiques (choc thermique) ; qui tendent à provoquer sa rupture.

Pour une application donnée, lorsque la résistance à la fracture de l'abrasif est trop élevée, le grain s'use, ses arêtes s'émoussent, son pouvoir de coupe diminue et la chaleur produite augmente.

À l'inverse, lorsque la résistance à la fracture est insuffisante, le grain se fragmente et disparaît rapidement.

III.2.4. Les couche

L'abrasif appliqué est certainement le plus connu du grand public, il se compose d'une couche de grain abrasif fixée sur un support souple par des résines synthétiques. **(Figure III.1). [24]**

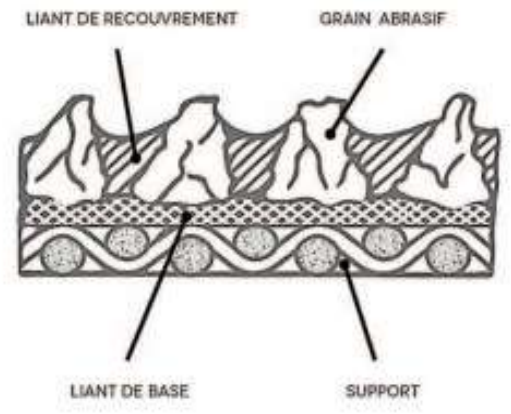

Figure III.1: Organisation structurelle d'un grain abrasif aggloméré. (Source PENTAR)

III.2.5. Recouvrement par gravité

Une des propriétés les plus importantes dans les abrasifs appliquées est le recouvrement des grains sur le support contenant la résine (liant) par gravité, un bon recouvrement conduit à la fabrication d'un produit abrasif sans défauts.

III.2.6. Les supports

Les supports sont trouvés dans les abrasifs appliqués, ils sont généralement de papier, de fibre, de polyester ou de tissu selon le type d'abrasif à fabriqué.

Le support est la base sur la quelle les grains abrasifs sont dispersés à l'aide d'un liant, donc un bon support conduit à un bon abrasif.

III.3. Critères du choix des produits abrasifs

Dans le marché des produits abrasifs, il existe plusieurs entreprises en concurrence pour que son produit soit le meilleur et d'être en grande demande sur le marché local et même mondial.

Plusieurs facteurs sont pris en considération pour choisir le type des produits abrasifs utilisés dans de plusieurs opérations industrielles.

III.3.1. Selon la composition et le type du support

La composition d'un abrasif est l'une des conditions les plus importantes pour choisir un produit abrasif, parce que la différence de composition conduit à la différence d'utilisation.

Un abrasif à base d'un grain d'une dureté très élevée est différèrent par rapport à un grain d'une dureté moins élevé. Aussi, un abrasif à base d'un support de papier est différent d'un abrasif avec un support de toile, ce dernier est plus solide que l'abrasif à base d'un support de papier.

III.3.2.Selon l'utilisation (application)

Le choix d'un abrasif dépend du travail à réaliser, les produits abrasifs sont utilisés dans de très nombreuses opérations quotidiennes et industrielles tel que l'abrasion, la rectification, le tronçonnage, la finition et la reprise de forme.

Donc, toute application nécessite un type d'abrasif spécial pour bien effectuer l'opération.

Neuf paramètres sont à prendre en compte lors du choix d'une meule pour une application donnée **[10]**:

- Le matériau à usiner, son type et sa dureté
- La quantité de matière à enlever
- La géométrie de la pièce et l'état de la surface désirée
- La machine, son type, sa puissance et son état
- Les vitesses de rotation et d'avance
- La surface de contact
- Le liquide d'arrosage éventuellement utilisé, rectification sous arrosage ou à sec
- La sévérité de l'opération de rectification
- La méthode de dressage

III.3.3. Selon le prix

Un abrasif à base d'oxyde d'aluminium ou de carbure de silicium est généralement disponible sur le marché, et son prix est acceptable pour les acheteurs. Contrairement aux abrasifs à base du diamant, qui sont chers et leurs matières premières à un prix élevé et non disponible dans de nombreux endroits du monde.

III.4.Application des produits abrasifs

III.4.1.La rectification

La rectification est un processus de finition où la mise en forme se fait par enlèvement de matière par un phénomène d'abrasion (au moyen d'une meule), cette opération lui confère sa côte définitive (le plus souvent exprimé en microns).

Contrairement à l'usinage traditionnel (enlèvement de copeaux par outils coupants), la rectification permet l'usinage de précision dimensionnelle élevé grâce aux principes de l'abrasion. L'analyse du processus de rectification peut se décomposer en différentes approches, issues des trois sous-systèmes pouvant être isolés dans l'environnement du procédé : la meule, la pièce et les grains **[15]**

La rectification se fait à l'aide d'une machine appelée : la rectifieuse. Les propriétés caractéristiques du procédé de rectification sont le type de surface à produire, la cinématique de l'opération d'usinage, la forme et les profils de la meule.

En conséquence, il y a deux types de rectification **(Figure III.2) [25 ,26]**

- La rectification plane.
- La rectification cylindrique.

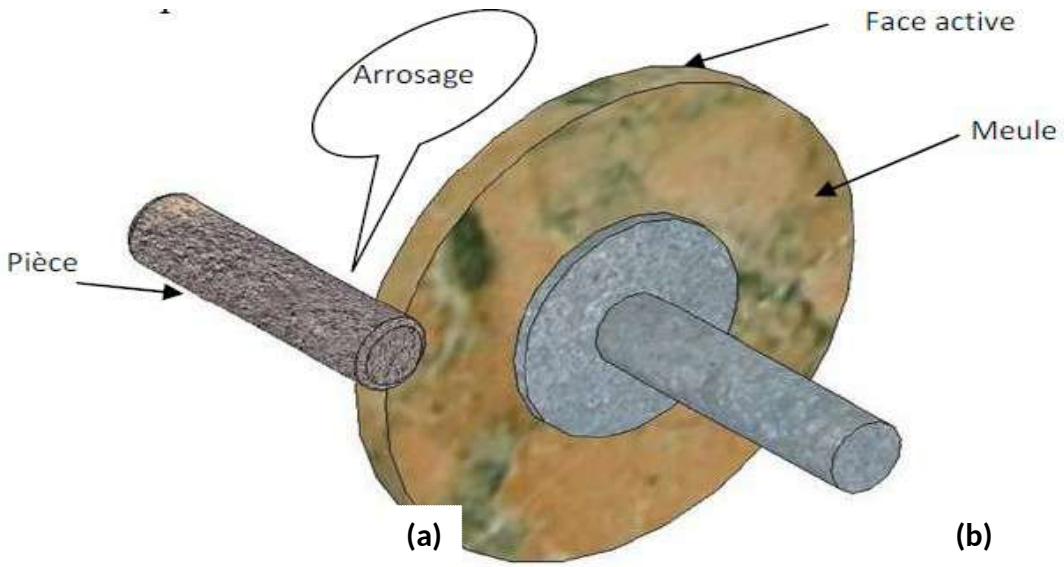

Figure III.2. Principe de la rectification: plane **(a)**, cylindrique **(b) [25]**

III.4.2.Le tronçonnage (Le découpage)

Le tronçonnage ou le découpage consiste à couper un métal à laide d'un disque de tronçonnage selon les dimensions données **(Figure III.3)**. Cette opération est très utilisée dans des nombreuses opérations industrielles

Figure III.3. Opération de tronçonnage (source PFERD)

III.4.3.Doucissage (rodage)

Le rodage ou le doucissage est un processus employé pour finir les surfaces métalliques ou non métalliques avec des outils agglomérés ou des abrasifs en suspension. **[5]**

Il existe deux types de doucissage :

- Doucissage par abrasifs libres
- Doucissage par abrasifs liés

III.4.4.Le polissage

L'opération de polissage consiste à rendre une surface lisse et brillante, par des mouvements relatifs et par une pression entre la pièce et l'outil avec ou sans abrasifs et sans enlèvement significatif de matière**. [27]**

III.4.5.La reprise de forme

A l'instar des abrasifs agglomérés, les opérations de reprise de forme sont envisageables avec des outils abrasifs appliqués, structurés ou non-tissés. Le débit offert par ces derniers est moins important mais ils permettent à l'operateur de réaliser un travail plus soigné grâce à la souplesse des produits abrasifs. **[24]**

Les opérations couramment menées sont : **[24]**

- le chanfreinage, en vue du soudage de tôles ou de profiles, l'arasage des soudures **(Figure III.4.a).**
- l'ébavurage des pièces moulées ou matricées **(Figure III.4.b),** l'ébavurage ou le rayonnage des arêtes des pièces usinées et la suppression des traces laissées par une fraise boule sur une surface gauche.

Figure III.4. Operations de reprise de forme-**(a)** arasage de soudure, **(b)** ébarbage (source 3M, PFERD)

III.4.6.La finition

- **Le toilage**

Le procédé de toilage est une technique de superfinition récente dans son utilisation **[28,29],** il se distingue des autres procédés de superfinition par l'utilisation d'un support élastique et d'un outil automatiquement régénéré qui est la bande abrasive de faible épaisseur appliquée sur une pièce en rotation **(Figure III.5)**. **[30]**

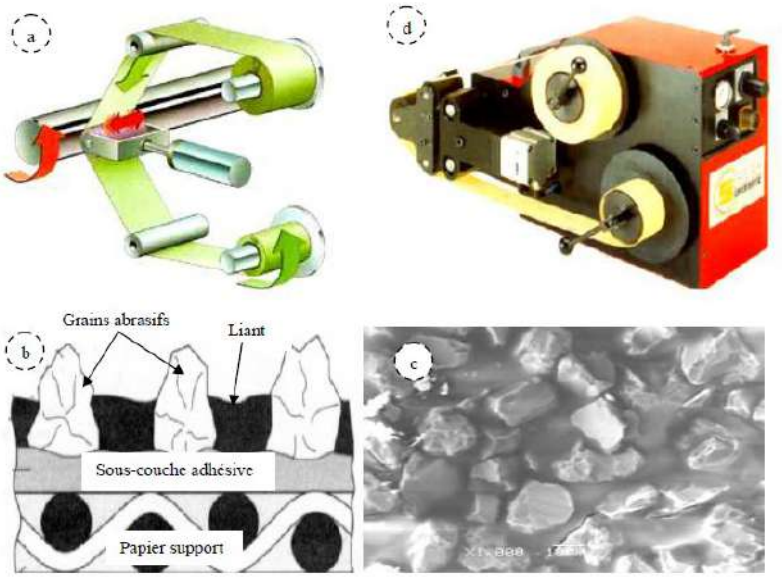

Figure III.5. (a) Principe de toilage, **(b)** Modélisation de la structure d'une toile abrasive, **(c)** Vue au MEB d'une toile réelle de calibre 20 µm ,**(d)** Exemple du dispositif de toilage. **[31]**

III.4.7. Le fraisage

Le fraisage est un des procèdes de l'enlèvement de la matière, il est habituellement réalisé par une machine-outil.

La fraiseuse qui est particulièrement adaptée à l'usinage des pièces prismatiques permet de réaliser tous types de formes même complexes si la machine est équipée de commande numérique, l'outil classiquement utilisé est la fraise. **[32]**

Il existe plusieurs formes de fraisage :

- Fraisage vertical.
- Fraisage horizontal.
- Fraisage en bout et fraisage en rouleau.
- Fraisage en opposition et fraisage en avalant.

III.4.8.Affutage

L'affutage est généralement utilisé pour les pièces en métal, qui consiste à enlever une quantité de métal pour rendre la pièce aiguisée.

III.4.9.Les applications selon ABRA-Saida

Au niveau de l'unité d'ABRA-Saida, nous pouvons classer les produits abrasifs fabriqués et demandés selon leur utilisation dans le tableau suivant :

Tableau III.3. Domaines d'application des produits abrasifs de l'unité d'ABRA-Saida **[20].**

Type d'abrasif	Domaines d'utilisations
Meules bakélites	-Rectification plane et de profile. -Rectification interne. -Ebarbage des pièces meulées, en fonderie. -Rectification cylindrée (chemisage). -Affutage des outils de coupe telle que pastilles en carbure.
Meules céramiques	-Rectification plane ou de profile. -Rectification cylindrique extérieure. -Affutage des outils de coupe pour tous les types d'acier. -Dégrossissage. -Surfaçage.
Disques bakélites	-Tronçonnage des aciers, fonte, bronze, cuivre, laiton. -Saignée pour l'encastrement. -Tronçonnage marbre, béton armé. -Ebarbage des bavures, fonte et autre. -Meulage des soudures de jointage y compris les pipes line, gazoduc et autre pipes de transports à poussée des fluides.
Papiers abrasifs	-Le ponçage de bois. -Opérations de polissage. - Certains opérations de finition.

III.5. Les différences entre les matériaux produits

Dans le secteur de l'industrie abrasive, il existe une vaste gamme d'abrasifs. Parmi ces produits : les abrasifs liés et les abrasifs appliqués.

Il existe plusieurs différences entre les abrasifs liées et appliqués dans plusieurs paramètres et aussi des différences entre le même type d'abrasifs. Le seul composant que ces substances partagent est le type de grain abrasif.

Parmi ces différences, on peut citer :

- la forme, où l'on retrouve les abrasifs liés sous formes des meules ou disque par contre les abrasifs appliqués sont trouvés sous forme de papiers, disques ou bande.
- Comme les abrasifs liés ne contiennent pas de support dans sa composition, les abrasifs appliqués ne contenant pas des additifs dans leurs compositions.
- Ces deux types d'abrasifs sont diffèrent par la méthode dont ils sont fabriqués.

- Les abrasifs appliqués sont composés de mêmes composants qui sont le grain, le liant et le support, la différence réside dans le type et la quantité de ces composants car chaque type a des caractéristiques qui le distinguent des autres.
- Le prix de ces produits diffère, où l'on constate que le prix de la meule est bien supérieur au prix du papier abrasif, aussi le prix est diffère dans le même type d'abrasif par exemple le disque est moins cher par rapport au meule abrasifs... etc.
- La demande de disque abrasif est beaucoup plus importante par rapport à la meule. De plus, nous constatons que la demande d'abrasif appliqué est élevée par rapport à les meules abrasives.
- Chaque type d'abrasifs est utilisé dans des domaines bien spécifiques et leur application soit différente.

III.6.Effets des produits abrasifs sur la santé et l'environnement

Les matériaux abrasifs sont composés d'un groupe d'éléments chimiques, considérés comme nocifs pour la santé humaine et l'environnement. Leurs effets se reflètent dans plusieurs problèmes de santé, la pollution de l'environnement et la mort de certains animaux.

En fonction des procédés de production mis en œuvre, les installations de fabrication de produits en céramiques rejettent des émissions dans l'air et dans l'eau et produisent des déchets. Peuvent s'y ajouter des nuisances sonores et olfactives.

Le type et le volume des polluants atmosphériques, des déchets et des eaux résiduaires dépendent de plusieurs paramètres, notamment des matières premières utilisées, des auxiliaires de fabrication, des combustibles employés et des méthodes de production appliquées **[21]**:

- Émissions dans l'atmosphère: la fabrication des céramiques peut entraîner des émissions de particules/poussière, de suie et de gaz (oxydes de carbone, oxydes d'azote, oxydes de soufre, composés inorganiques fluorés et chlorés, composés organiques et métaux lourds).
- Émissions dans l'eau: les eaux résiduaires des installations de production contiennent principalement des substances minérales (particules insolubles) et d'autres matières inorganiques, de petites quantités de matières organiques et certains métaux lourds.
- Pertes/déchets: les pertes résultant de la fabrication des céramiques consistent essentiellement en différents types de boues, en articles cassés, moules en plâtre usagés, agents de sorption usés, résidus solides (poussières, cendres) et déchets d'emballage.

Au cours du processus de fabrication de matières abrasives, des résines contenant du phénol et du formol sont appliquées sur les toiles servant de base aux matières abrasives. Lors du processus de fabrication, les toiles avec la résine passent dans des fours permettant le séchage des résines qui dégagent alors des vapeurs. Ainsi quand la résine sèche, des vapeurs se dégagent. Ces vapeurs contiennent des COV : notamment le formol et le phénol. **[11]**

III.6.1 Le phénol

Le phénol est un solide cristallin blanc de formule chimique C_6H_6-OH qui est fabriqué à l'aide d'une synthèse chimique. Le phénol est utilisé lors de la synthèse des résines phénol-formol.

III.6.1.1.Impact environnemental [33]

a) Milieu aquatique

Le phénol est plus lourd que l'eau et tend à se déposer. Il se dissout lentement et, même dilué, continue de former des solutions toxiques. En raison de sa forte toxicité dans l'eau, le phénol figure dans la catégorie de risque de pollution de l'eau.

b) Atmosphère

Les vapeurs de phénol sont plus lourdes que l'air et forment des mélanges explosifs sous l'effet de la chaleur. Le phénol s'oxyde à l'air, ce processus d'oxydation est accéléré par la lumière ou par des impuretés à effet catalytique.

c) Sols

Dans le sol, le phénol subit une dégradation microbienne aérobie ou anaérobie, de sorte que l'effet d'accumulation reste limité. L'accumulation est fonction de la présence de minéraux argileux (forte affinité avec l'oxyde d'aluminium).

III.6.1.2.Impact sur la santé

a) Le phénol et les humains [11]

Le phénol est nuisible pour l'environnement et également pour la santé humaine. Il peut entrer dans le corps de plusieurs façons. Voici les trois principales :

1) Par inhalation : lors de l'inhalation du phénol, les poumons peuvent envoyer rapidement le phénol dans le corps. L'exposition à court terme pourrait provoquer une irritation des voies respiratoires et également des contractions musculaires. L'exposition à long terme pourrait endommager le foie, les reins, le cœur et les poumons.

   Il existe également une corrélation entre les travailleurs qui étaient exposés au phénol pendant longtemps et les personnes atteintes de maladies cardio-vasculaires.

2) le phénol pourrait entrer dans le corps par ingestion, si on ingère le phénol, il se déplace rapidement à travers le système digestif. L'ingestion de phénol a beaucoup de conséquences. Le phénol concentré pourrait provoquer des tremblements musculaires, il pourrait également créer des problèmes moteurs. En fait, l'ingestion de phénol concentré pourrait endommager le système gastro-intestinal et provoquer la mort.
3) le phénol peut entrer dans le corps par contact cutané, il serait possible pour la peau d'entrer en contact avec les vapeurs phénolées (le phénol liquide ou un liquide contenant du phénol). Le contact entre le corps et le phénol pourrait causer de graves dommages de la peau, par exemple, des cloques, des lésions oculaires graves et des brûlures.

b) Le phénol et les animaux

Des tests ont été effectués sur des animaux pour observer d'autres effets possibles, des effets ont été remarqués comme l'irritation, la dermatite, des effets sur le système nerveux central, la toxicité sur le foie et les reins. Le phénol est un faible inducteur de l'apoptose dans des cellules de leucémie, des tests ont également été effectués dans les laboratoires pour examiner les effets génétiques de l'intoxication par le phénol. Les résultats montrent que le phénol est un faible inducteur de la ségrégation mitotique. En plus, le phénol n'augmente pas la fréquence des mutations létales récessives liées au sexe. **[34]**

c) Le phénol est Cancérigène Mutagène reprotoxique

Le phénol présente un risque d'effets graves pour la santé en cas d'exposition prolongée. Le phénol est également corrosif, Cancérogène, Mutagène et Reprotoxique (CMR). Dans la dernière classification européenne réglementaire des produits chimiques cancérogènes, mutagènes et toxiques pour la reproduction- 31e ATP, 2009, le phénol a une classification CMR: MUTA 3. Les substances classées mutagènes catégorie 3 sont des substances préoccupantes pour l'homme en raison d'effets mutagènes possibles, c'est-à-dire que des études appropriées de mutagénicité ont fourni des éléments mais on ne dispose pas d'assez d'éléments pour justifier une forte présomption que l'exposition de l'homme à de telles substances peut entraîner des défauts génétiques héréditaires. **[35]**

III.6.2.Le formol

A partir de méthanol, on peut fabriquer le formol CH_2O commercial, le formol est utilisé dans la synthèse des résines, particulièrement la résine phénol-formol. Le formol est appelé aussi méthanal ou formaldéhyde.

a) La toxicité de formol

Le formol intervient dans le métabolisme des acides aminés des cellules de mammifères. Le métabolisme normal produit le formol comme un intermédiaire. De cette manière, le formol est déjà présent à un certain niveau dans l'organisme humain. L'excès de formol peut pénétrer dans l'organisme par inhalation. Ce formol se dépose au niveau des voies respiratoires supérieures, en particulier, dans les voies nasales, les bronches, la trachée et la cavité orale. **[11]**

b) Effet de formol sur l'environnement

Le formaldéhyde est un polluant ubiquitaire de notre air intérieur considéré comme hautement prioritaire depuis 2006 **[36]** dont la voie principale d'exposition est l'inhalation.

Conclusion générale

Conclusion générale

Le présent travail ayant pour objectif l'étude des produits abrasifs, ses propriétés, ses applications et leurs effets sur l'environnement. Ces produits étudiés sont fabriqués au niveau de l'unité ABRA-Saida

D'après une étude bibliographique, Il convient de souligner que les produits abrasifs sont nombreux et variés, les plus importants entre eux sont les disques, les meules et les papiers abrasifs. Ces produits ont plusieurs caractéristiques parmi eux la dureté, la résistance à la fracture la forme et la granulométrie des grains qui représente la propriété la plus importante pour fabriquer un produit de haute qualité.

L'unité de fabrication de matériaux **abrasifs ABRA-Saida** essaie de respecter toutes les exigences de fabrication de base pour que son produit soit conforme aux réglementations internationalement reconnues.

Le processus de fabrication des matériaux abrasifs passe par plusieurs étapes, les plus importantes d'entre elles sont le mélange de matières premières, le pressage, le séchage et la cuisson. Finalement ces produis sont contrôlés afin de déclarer leurs conformités aux normes et transportés vers le client.

Ces produits sont utilisés dans de nombreuses utilisations et industrielles, tel que le doucissage, le polissage, le tronçonnage, le toilage et le fraisage.

Il existe plusieurs critères de base pour choisir un abrasif. On peut citer parmi ces conditions la composition, le type de support le grammage et le prix.

Les matériaux abrasifs sont constitués d'un ensemble de produits chimiques, nocif pour la santé et pour l'environnement.

Lors de l'étape de cuisson de produits abrasifs, plusieurs gaz sont libérés qui provoquent l'effet de serre tel que SO_X, NO_X, et COV aussi des poussières qui sont dégagés lors de broyage et de mélange de matières premières qui contenant des composées organique classés comme nocifs pour l'homme et la nature. La fabrication des abrasifs provoque aussi la pollution de l'eau qui est l'une des pollutions les plus dangereuses et nocives.

Les perspectives de cette étude sont :

a) Estimer la toxicité lors la de fabrication de ces matériaux par des tests complets pour détecter leurs risques, notamment cancérogènes.

b) Utiliser des abrasifs 100% écologiques et recyclables qui sont d'origine minérale et non siliconées, ci-dessous quelques propositions des abrasifs :

- **Garnet :** Un abrasif de sablage, efficace, économique et il est parmi les abrasifs minéraux les plus résistants, idéal pour l'aluminium, l'inox et pour l'acier, pratiquement sans poussière, il ne pollue ni le lieu de travail ni l'environnement.
- **Coquille de noix :** Un abrasif biodégradable, issu de noyaux de fruits concassés. Elles sont employées pour le nettoyage de pièces en aluminium et des moteurs ou autres surfaces métalliques sans modifier leur état de surface. Cet abrasif est utilisé aussi pour enlever les couches du peinture sur les pièces d'aéronautique.
- **Bicarbonate de soude:** est un abrasif très efficace, idéal pour traiter les surfaces délicates sans les altérer, à la fois soluble et biodégradable, l'abrasif bicarbonate de soude s'élimine grâce à un simple rinçage à l'eau, il ne provoque pas de phénomène de corrosion aux niveaux des supports décapés.

Les références bibliographiques

Références bibliographiques

[1] Jean-Louis Douzet « Abrasifs », Travail des matériaux - Assemblage, techniques de l'ingénieur BT, Vol. BT1, 1990.

[2] E. Felder : Usinage par abrasion-Analyses expérimentale et théorique. CEMEF, ParisTech, [BM7053], Avril 2009.

[3] J. M. Noppe : Usinage par abrasion. Encyclopaedia universalis, France, 2009.

[4] US. International Trade commission. Abrasives, Industry & Trade Summary. 1995.

[5] A, HAMDI, « Superfinition des surfaces par le procédé de toilage », mémoire présenté à l'institut d'optique et de mécanique de précision Pour l'obtention du diplôme de MAGISTER en optique et mécanique de précision, université de FERHAT Abbas Sétif, 2011.

[6]OTELO. Les abrasifs appliqués **[en ligne].** Disponible sur https://www.otelo.fr/waroot/OTFR/fr_FR/attachments/Ficheconseil/2302_Abrasifs_appliques.pdf (consulté le 20/06/2020).

[7] M, Barge. J, Rech. H, Hamdi. J, M, Bergheau: Experimental study of abrasive process. Wear 264 (2008), pp382–388.

[8] H. H. Karow: Fabrication Methods for Precision Optics. Wiley-interscience ISBN0-471-70379-6 USA, 2004.

[9] N. Belkhir : Contribution à l'amélioration des propriétés optiques et mécaniques des surfaces doucies et polies. Thèse de doctorat, D.O.M.P, Sétif, Algérie, 2008.

[10] NORTON-saint Gobain, les excellences technologie. **[En ligne]**. Disponible sur http://www.lecollectionneur.ch/documentation-technique-pdf/norton-meules.pdf (consulté le 10/06/2020)

[11] L. Boddaert, A. Downer, E. Poùart, « Optimisation de l'impact énergétique et environnemental d'un processus industriel de fabrication de matériels abrasifs», Eleven-week Project, année universitaire 2013-2014.

[12] Claude Guillemet. Technique de l'ingénieur « AM2 materiaux non métalliques » édition ESPACES. 1993.

[13] I. Inasaki: Grinding process simulation based on the wheel topography measurement. Annals of the CIRP, vol. 45/1/96, pp.347, 1996.

[14] E. Saljé, W. Hörsemann, M. Klyk : Grinding of cylindrical blanks with controlled workspeed, CIRP Annals, Vol. 38/1/89, pp.303-306, 1989.

[15] M, Barge : Etude expérimentale et numérique des mécanismes de coupe par abrasion. Thèse de doctorat, École Centrale de Lyon, N° d'ordre : 2005-17, 2005.

[16] C. KHEDIM, A. MAHDADI, « Optimisation Multi-Objectif des conditions de coupe en rectification cylindrique », Université KASDI MARBAH OUARGLA, 2013.

[17] SIDAMO .disque abrasifs agglomérés caractéristiques techniques **[en ligne].** Disponible sur https://www.sidamo.com/index.php/fr/gammes-produits/disques-abrasifs/disques-abrasifs-agglomeres (consulté le 20/06/2020).

[18] P. Boch, « propriétés et applications des céramiques », MIM, Hermès science publications, 2001.

[19] Federal Environment Agency (Umwelt Bundes Amt) UBA, "Production of inorganic bonded abrasives", Germany 2004.

[20] Document interne de l'entreprise d'Abra Saida.

[21] Commission Européenne de l'Environnement, « Fabrication des céramiques » 2007.

[22] S. Torbaty, «Rectification très grande vitesse», Technique de l'ingénieur. 2004. (BM7220)

[23] E. Mathey, « Optimisation numérique du refroidissement des moules d'injection de thermoplastiques basée sur la simulation des transferts thermiques par la méthode des éléments frontières », Thèse de doctorat, l'Université Toulouse III, 2004

[24] F. Goossens, « Modélisation de processus de polissage identification des effets et des phénoménologies induits par l'usinage abrasif », Thèse présentée pour obtenir le grade de docteur de l'université de Bordeaux, école doctorale de sciences physiques et de l'ingénieur spécialité mécanique, 2015.

[25]S. F. KRAR, W. OSWALD, J. E. ST-AMAND: L'ajustage mécanique. Deuxième édition, Canada, 1980.

[26]M. Dieye: Comportement dynamique du système pièce/outil/machine (POM) en 113 rectification plane passe profonde. Ecole doctorale de L'ENSAM (ED-432), Metz, N° d'ordre: - 2002, 2006.

[27] Dictionnaire des techniques de production Mécanique Vol.2 Procèdes d'enlèvement de matière. 2004.

[28] A. Khellouki, J. Rech, H. Zahouani: The effect of abrasive grain's wear and contact conditions on surface texture in belt finishing. Wear 263 (2007), pp.81–87.

[29] J. Rech, G. Kermouche, W. Grzesik, C. Garcia-Rosales, A. Khellouki, V. Garcia-Navas : Characterization and modelling of the residual stresses induced by belt finishing on a AISI52100 hardened steel. Journal of materials processing technology 208 (2008), pp.187-195.

[30]A. Jourani, M. Dursapt, H. Hamdi, J. Rech, H. Zahouani : Effect of the belt grinding on the surface texture: Modeling of the contact and abrasive wear. Wear 259 (2005), pp.1137–1143.

[31] S. Mezghani, M. El Mansori, H. Zahouani: New criterion of grain size choice for optimal surface texture and tolerance in belt finishing production. Wear 266 (2009), pp.578-580.

[32]Meca0444-usinage-2017.

[33]LENNTECH. Phénol et environnement C_6H_6O. **[en ligne]**. Disponible sur https://www.lenntech.fr/phenol-environnement.html. (Consulté le 15/06/2020)

[34] 37 Phenol. IARC monographs on the evaluation of carcinogenic risks to humans. 1999, 71, 749-767

[35] INRS. Produits chimiques cancérogènes, mutagènes, toxiques pour la reproduction-classification réglementaire. [En ligne]. Disponible sur http://www.inrs.fr/media.html?refINRS=outil66. (Consulté le 15/06/2020)

[36] Alméras C. Hiérarchisation sanitaire des polluants de l'environnement intérieur: mise à jour pour le cas des logements et extrapolation à d'autres environnements intérieurs. Observatoire de la qualité de l'air intérieur. 2010;(rapport n° ESE/Santé – 2010- 095):111.

Annexe

❖ ***Catalogue 1 : les abrasifs liés***

ABRASIFS LIES

ABRASIFS LIES

DOMAINE D'UTILISATION

Les abrasifs liés sont généralement utilisés dans plusieurs industries pour effectuer les différents travaux suivants:

RECTIFICATIONS:

Rectification plane ou profile avec mouvements alternatifs
Rectification cylindrique intérieure
Rectification plane avec boisseaux et cylindres
Rectification plane avec segments
Rectification intérieure avec meulettes et meules sur tiges
Rectification (sans centre) utilisation générale
Utilisation dans l'industrie de l'automobile (lourd, léger et autres engins)
Rectification des cylindres
Rectification vilebrequins- arbres à cames - etc...
Rectification des rouleaux
Rectification manuelle

AFFUTAGES:

- Affûtage de l'ensemble des outils de coupes y compris les pastilles en carbure (plaquettes) et les outils à acier rapide.
- Affûtage d'outils sur affûteuses (boisseaux droits, boisseaux coniques)
- Affûtage pour différentes scies et fraises.

EBARBAGES:

Ebarbage
Ebavurage
Chanfreinage

DEGROSSISSAGE:

Ebauche - Intermédiaire - Finition
Surfaçage (meules pour ateliers)

MEULAGE PAR FRICTION:

Torréfaction - minoterie - etc...

TRONÇONNAGE:

Tronçonnage (découpe)
Saignée pour encastrement dans le béton

GRANITOS: (Le bâtiment)

Graissages - ponçage - façonnage - lustrage pour carrelages - marbres - pierres - etc...

❖ ***Catalogue 2 : Les meules céramiques***

MEULES CERAMIQUES

MEULES CERAMIQUES

DONNEES DE REFERENCES

- DIMENSIONS : 63 à 660 mm ,
- EPAISSEUR : à la demande ,
- ALESAGE : sur demande ,
- FORME : sur demande ,

SPECIFICATIONS

EXEMPLE : 10 A, 60, K, 5, V.
10 A: Type de grain.
60: grosseur du grain.
K: Dureté de la meule.
5 : Structure de la meule.
V : Liant vitrifié.

DOMAINE D'UTILISATION

- Rectification extérieure
- Rectification plane ou de profil
- Rectification des organes automobiles (lourd- léger - engin)
- Rectification cylindrique extérieur
(arbre à cames, vilebrequin, axe, etc...)
- Affûtage des outils de coupe pour tous les types d'acier
- Dégrossissage
- Ebavurage
- Surfaçage

❖ ***Catalogue 3 : Les meules bakélites***

MEULES BAKELITES CONVENTIONNELLES

MEULES BAKELITES CONVENTIONNELLES

DONNEES DE REFERENCES

- DIMENSIONS : 63 à 660 mm ,
- EPAISSEUR : à la demande ,
- ALESAGE : à la demande ,
- FORME : sur demande ,

SPECIFICATIONS

EXEMPLE : A, 60,N,4, B.

A: Type de grain,
60: grosseur de grain
4: Structure de la meule ,
N: Dureté de la meule
B: Liant bakelite

DOMAINE D'UTILISATION

- Rectification plane et de profile ,
- Rectification interne
- Ebarbage des pièces meulées, en fonderie,
- Rectification cylindrée (chemisage)
- Rectification organe automobile (lourd - léger - engin)
- Rectification cylindrique manetons, ou tourillons
  = Portées de bielles ou paliers., Vilebrequin, arbre à came.
- Affûtage des outils de coupe tels que :
- Pastilles en carbure (plaquette)
- Outils aciers rapides

❖ ***Catalogue 4 : Les disques d'ébarbages et tronçonnages.***

EBARBAGES ET TRONÇONNAGES

EBARBAGES ET TRONÇONNAGES

DONNEES DE REFERENCES

- DIMENSIONS : 180 à 400 mm ,
- EPAISSEUR : 3 à 10 mm ,
- ALESAGE : 22, 2, 25, 4, 32, 40 autres, préciser.
- FORME : 27E, TR, TRS, 27TR.

SPECIFICATIONS

EXEMPLE : A, 30,P,4, B.
A: TYPE de grain,
30 : grosseur de grain.
P : Dureté de la meule
4 : structure de meule
B : Liant Bakélite.

DOMAINE D'UTILISATION

Tronçonnage

- Tronçonnage des aciers (découpe), fonte, bronze, cuivre, laiton.
- Saignée pour l'encastrement
- Tronçonnage marbre, béton armé et pierres artificielles et naturelles, granit (pierre dure), matières plastique et bakélite.

Ebarbage

- Ebarbage des bavures, fonte et autres types de travaux d'ébarbage des aciers.
- Ebarbage, chanfreinage, ébavurage.
- Meulage des soudures de jointage y compris les pipes line, gazoduc, oléoduc et autres pipes de transports à poussée des fluides.

Catalogue 5 : Segments, pierres et limes.

SEGMENTS,PIERRES ET LIMES

SEGMENTS, PIERRES ET LIMES

DONNEES DE REFERENCES

- DIMENSIONS :

- Longueur : Sur demande.
- Hauteur : à la demande.
- Largeur : à la demande.
- Formes : les principales formes pouvant être proposées aux clients actuellement sont: forme FHM, FV, FR, FF

SPECIFICATIONS

EXEMPLE 89 A, 54,J,5, V

89 A: Type de grain
54 : grosseur du grain
J : Dureté.
5: Structure
V : Liant vitrifié

DOMAINE D'UTILISATION

- Travaux d'affûtage manuels.
- Rectification intérieure,
- Pour tous les aciers alliés et non alliés
- Rectification plane ou surfaçage (acier, fonte).

❖ ***Catalogue 6: Meulettes et meules sur tiges.***

MEULETTES ET MEULES SUR TIGES

MEULETTES ET MEULES SUR TIGES

DONNEES DE REFERENCES

- DIMENSIONS : 8 à 50 mm ,
- TIGE : 3x40 mm (.. tige 3 ou 6)
- FORME : sur demande du client
- EPAISSEUR : à la demande

SPECIFICATIONS

La spécification peut être Bakélite ou céramique suivant la demande ou exigence particulière des travaux à effectuer.

EXEMPLE : 50 A, 60,L,5, V.

50 A: Qualibre du grain.

60 : Grosseur de grain.

L: Dureté.

5: Structure

B: Haut vitrifié

DOMAINE D'UTILISATION

- Travail de profil difficile.
- Rectification cylindrique intérieure de tous les types d'acier.
- Pour les travaux difficiles à usiner, tels que les cavités, les alésages et toutes les parties difficilement accessibles pour acier, fontes, bronze, laiton, cuivre, céramique, sanitaires et vaisselle.

ملخص

حتى اليوم، يظل العمل عن طريق الكشط هو العملية الاقتصادية الأكثر انتشارًا للمواد الآلية ذات الصلابة العالية والكسوة العالية وتحقيق خشونة منخفضة جدًا. يمكن استخدامها خالية من أي دعم، على شكل مسحوق، ولها خصائص مهمة بينها: الصلابة وحجم الحبوب. يمكن أن يتسبب تطوير هذه المواد وطبيعة المركبات الكيميائية المصنفة على أنها ضارة على الانسان و الطبيعة.

تنتج وحدة ABRA-Saida و المواد مجموعة متنوعة من المنتجات مثل المواد الكاشطة المستعبدة

الكاشطة المطبقة بالاضافة الى العجلات الخزفية و عجلات الباكيليت.

في هذا السياق، يتم إجراء دراسة لفهم قطاع المواد الكاشطة، ومراحل تصنيعها، والخصائص الرئيسية للمواد الكاشطة، وتطبيقاتها وكذلك معايير اختيار هذه المواد. تم دراسة المقارنة بين هذه المواد وتأثيرها على البيئة والصحة.

الكلمات المفتاحية : المواد الكاشطة ، سيراميك ، الباكليت ، راتنجات الفينول ، حجم الجسيمات .

Abstract

To date, the work by abrasion remains the most widespread economic process to machine materials of high hardness and high brittleness and achieves very low roughness. Abrasives are in particular agglomerated with phenolic resins or clays to form grindstones, they can be used free of any support, in the form of powder, they have important characteristics among them: hardness and grain size. The development of these materials and the nature of the chemical compounds classified as harmful can cause harmful effects on humans and nature.

The ABRA-Saida unit produces a variety of products such as bonded abrasives, applied abrasives, as well as ceramic and Bakelite wheels.

In this context, a study is carried out to understand the abrasives sector, the stages of their manufacture, the main properties of abrasives, their applications as well as the criteria for the choice of these materials. The comparative study between these materials has been explored and their effect on the environment and health.

***Keywords**: Abrasives, ceramics, bakelites, phenolic resins, particle size.*

Résumé

A ce jour, le travail par abrasion reste le procédé économique le plus répandu pour usiner les matériaux de haute dureté et de haute fragilité et réaliser les très faibles rugosités .Les abrasifs sont notamment agglomérés a des résines phénoliques ou des argiles pour former des meules, ils peuvent être utilisés libres de tout support, sous forme de poudre, ils possèdent des caractéristiques importantes parmi elles : la dureté et la granulométrie. L'élaboration de ces matériaux et les natures des composés chimiques classés comme nocifs peuvent provoquer des effets néfastes sur l'homme el la nature.

L'unité d'ABRA-Saida produit une variété de produits tels que les abrasifs liés, les abrasifs appliques, ainsi que les meules céramiques et les meules bakélites.

Dans ce contexte, le présent travail a pour but la compréhension du secteur abrasifs, les étapes de leur fabrication, les principales propriétés des abrasifs, leurs applications ainsi que les critères du choix de ces matériaux. L'étude comparative entre ces matériaux et leurs effets sur l'environnement el la santé a été exploré dans cette étude.

Mots-Clés : Abrasifs, céramiques, bakélites, résines phénoliques, la taille des particules.