

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
MINISTRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE
SCIENTIFIQUE

UNIVERSITE M'HAMED BOUGARA-BOUMERDES



Faculté de Technologie

Mémoire de Master

Présentée par

LADDADA Ali

Filière : Génie mécanique

Spécialité : Construction mécanique

Fabrication et analyses d'une plaquette de frein

Devant le jury :

Mr/Mme	Prof/MCA	Président
Mr/Mme	Prof/MCA	Examineur
Mr/Mme MERAH	AbdelKrim	MCA	Rapporteur

Année Universitaire : 2023/2024

Sommaire

Remerciements.....	i
Dédicaces.....	ii
Liste des figures	iii
Liste des tableaux.....	v
Résumé.....	vi
Introduction générale	1
Présentation de l'entreprise d'accueil	3
I.1 Introduction	8
I.2 Définition et principe de système de freinage.....	8
I.3 Historique	8
I.4 Systèmes de freinage conventionnels.....	10
I.5 Composition du système de freinage.....	10
I.6 Matériaux de freinage	13
I.7 Généralités sur les freins	14
I.8 Freinage en dynamique du véhicule	21
I.9 Condition à remplir dans un système de freinage	23
I.10 Applications des systèmes de freinage	23
I.11 Conclusion.....	24
II.1 Introduction	26
II.2 Définition	26
II.3 Rôle des plaquettes de frein	27
II.4 Structure et composition d'une plaquette de frein	28
II.5 Exigences posées à la plaquette de frein.....	29
II.6 Types des matières des plaquettes	30
II.7 Procédé de fabrication de la plaquette	33
II.8 Conclusion.....	35
III.1 Introduction	36
III.2 Compositions des plaquettes de frein	36
III.3 Production des plaquettes de frein.....	36
III.4 Equipements nécessaires pour la fabrication de la plaquette.....	36
III.4 Processus de production	37
III.5 Conclusion.....	58
IV.1 Introduction	59
IV.2 Teste de résistance au cisaillement	59

IV.3 Essai de la dureté	63
IV.4 Conclusion	64
Conclusion générale.....	65
Annexe.....	
Références bibliographique.....	

Remerciements

Tous d'abord, je remercie Dieu qui m'a donné la force et la patience pour compléter ce travail.

Au terme de ce travail, je tiens à exprimer ma reconnaissance et mes remerciements à toutes les personnes qui ont contribué à sa réalisation. Je tiens à remercier le Dr MERAH, mon promoteur pour son aide précieuse, ses conseils et son encouragement, voir la confiance qu'il a mis en moi dès le début.

Je remercie les personnes de l'entreprise SARL IAASF et particulièrement Mr MOKRANE Aissa pour ce stage qui m'a permis de m'ouvrir à plein de nouvelles informations, tant sur le volet personnel que professionnel.

je remercie infiniment Monsieur ZAHAF Billel pour leur aide et soutien lors de la rédaction de ce mémoire.

Je remercie noblement les enseignants de la faculté de Technologie, spécialement du département de la génie mécanique pour le temps qu'ils m'ont consacré et pour m'avoir aidé à mieux mener et intégrer mon cursus en m'orientant avec leurs conseils et directives qui m'ont beaucoup aider dans mes réflexions, ainsi que pour la qualité de la formation qu'ils m'ont imprégné

Je tiens à exprimer ma gratitude pour les membres du jury, le président et l'examineur d'avoir pris la peine de bien lire mon document.

Enfin, j'adresse mes remerciements à ma famille et tous mes amis pour leur bonne humeur à toute épreuve.

Dédicaces

Je dédie ce travail

À ceux qui ont toujours cru en moi et en mes capacités, à ceux qui m'ont toujours soutenu et accompagné dans les plus rudes épreuves de ma vie : mes parents que Dieu les protège,

A mon frère Aziz et mes sœurs qui m'ont toujours encouragé pour aller au-devant,

À mes amis Imad, Billel, Rabah et tous mes autres amis et camarades

Un grand merci. Je vous aime.

LADDADA Aii

Liste des figures

Figure 1 : façade de l'entreprise	03
Figure 2 : situation géographique de l'entreprise	04
Figure 3 : photos des machines de l'usine	05
Figure 5 : L'organigramme de SARL IAASF	07
Figure I.1 : Système de freinage classique.	10
Figure I.2 : les éléments d'un système de freinage de véhicule	11
Figure I.3 : Compositions d'un frein à disque	12
Figure I.4 : Composantes d'un frein à tambour	12
Figure I.5 : Matériaux de freinage - ProTec Friction Group	14
Figure I.6: schéma d'un frein	15
Figure I.7 : Frein mécanique	16
Figure I.8 : Frein hydraulique	16
Figure I.9 : Frein électrique	17
Figure I.10 : Frein pneumatique	17
Figure I.11 : Freins à vide	18
Figure I.12 : Freins à disque	18
Figure I.13 : Frein à disque d'Airbus A340 à commande hydraulique (Messier Bugatti)	19
Figure I.14 : Système de freinage électromécanique du Boeing 787 (Messier Bugatti)	19
Figure I.15 : Frein à bande	20
Figure I.16 : Frein à tambour	20
Figure I. 17 : Cinématique d'une roue en mouvement de rotation et de translation	21
Figure I.18 : Relation entre les coefficients de freinage μ et de glissement λ pour des différentes chaussées	22
Figure II.1 : Plaquettes de frein	27
Figure II.2: Composition d'une plaquette de frein à disque	28
Figure II.3 : plaquette de frein organique	31
Figure II.4 : Plaquette de frein en céramique	32
Figure II.5 : Plaquette de frein semi-métallique	33
Figure II.6 : Étapes de procédé de fabrication d'une plaquette de frein	35
Figure III.1 : Machine de découpage laser	38
Figure III.2 : Plaquette découpée	39
Figure III.3 : Chenfreinage de la plaquette à main	39
Figure III.4 : Plaquette Chenfreinée	40
Figure III.5 : Machine de poinçonnage avec les moules	40
Figure III.6 : Machine de sablage	41
Figure III.7 : Plaquette après sablage	41
Figure III.8 : Préparation de la colle	42
Figure III.9 : Pulvérisation de la colle sur les plaquettes	43
Figure III.10 : Plaquette après collage	43
Figure III.11 : Mélangeur	44
Figure III.12 : les types de matières de frictions utilisés : semi céramique, semi	45

métallique, céramique, résine	
Figure III.13 : matière de friction mélangée	46
Figure III.14 : Machine de grammage	46
Figure III.15 : la presse	47
Figure III.16 : moules de pressage	48
Figure III.17 : les étapes de pressage de la plaquette d'acier avec la matière de friction	49
Figure III.18 : Four de cuisson	49
Figure III.19 : Plaquettes traitées thermiquement	50
Figure III.20 : l'évolution de la température du four en fonction du temps	51
Figure III.21 : Rectifieuse	51
Figure III.22 : paramètres de la plaquette donnés à la rectifieuse	52
Figure III.23 : Plaquette rectifiée	53
Figure III.24 : Vérification des dimensions de la plaquette rectifiée	54
Figure III.25 : Nettoyage secondaire de la plaquette	55
Figure III.26 : Machine de peinture	55
Figure III.27 : plaquettes peintes	56
Figure III.28 : Riveteuse	56
Figure III.29 : Imprimante pour marquage et référencement des plaquettes	57
Figure III.30 : plaquette finie marquée et référencée	58
Figure IV.1 : Machine d'essai de résistance au cisaillement	59
Figure IV.2 : tableau machine indique la zone de la condition	61
Figure IV.3 : étapes du teste de résistance de cisaillement	62
Figure IV.4 : Testeur de dureté (avant et durant le teste)	63

Liste des tableaux

Tableau III.1 : liste des équipements utilisés	37
Tableau III.2 : Fiche technique des matières premières	45
Tableau III.3 : Relation entre la température de fours et le temps de cycle	50
Tableau IV.1 : fiche technique du testeur de dureté	64

Résumé

La conception de plaquettes de frein premium et durables, assurant un freinage sûr et fiable exige beaucoup de soin et d'attention à des détails complexes. Une production interne ainsi qu'un contrôle de qualité et des tests produits minutieux sont indispensables pour garantir une qualité haut de gamme. De la matière première constituée d'une plaque métallique et une matière de friction jusqu'à la plaquette de frein finale, plusieurs étapes de fabrication sont réalisées telles que : le mélange de la matière de friction et le collage avec la plaque métallique, pressage avant qu'elle chauffe dans le four, rectification et nettoyage en terminant par une peinture et marquage de la pièce finie. Après la fabrication de la plaquette des testes de laboratoires comme l'analyse de la force de cisaillement et la dureté ont été réalisés pour qualifier la plaquette.

Mots clé : Plaquette de frein, étapes de fabrication, matière de friction, testes de laboratoires.

• Abstract

Designing premium and durable brake pads that provide safe and reliable braking requires great care and attention to intricate details. In-house production, as well as thorough quality control and product testing, are essential to ensure premium quality. From the raw material consisting of a metal plate and a friction material to the final brake pad, several manufacturing steps are performed such as: mixing the friction material and bonding it with the metal plate, pressing before it heats in the oven, grinding and cleaning, and finally painting and marking the finished part. After the pad is manufactured, laboratory tests such as shear force analysis and hardness are performed to qualify the pad.

Keywords: Brake pad, manufacturing steps, friction material, laboratory tests.

• ملخص

إن تصميم وسادات الفرامل المتميزة والمتينة التي تضمن الكبح الآمن والموثوق يتطلب الكثير من العناية والاهتمام بالتفاصيل المعقدة. يعد الإنتاج الداخلي بالإضافة إلى مراقبة الجودة واختبار المنتج أمرًا ضروريًا لضمان الجودة العالية. من المادة الخام المكونة من صفيحة معدنية ومادة احتكاك إلى وسادة الفرامل النهائية، يتم تنفيذ عدة خطوات تصنيع مثل: خلط مادة الاحتكاك وربطها مع اللوحة المعدنية، والضغط قبلها وتسخينها في الفرن، والتصحيح والتنظيف والتشطيب بالطلاء ووضع العلامات على الجزء النهائي. بعد تصنيع الرقاقة، تم إجراء الاختبارات المعملية مثل تحليل قوة القص والصلابة لتأهيل الرقاقة.

الكلمات المفتاحية: وسادة الفرامل، مراحل التصنيع، مادة الاحتكاك، الاختبارات المعملية.

Introduction générale

Introduction générale

Avec le développement de nouvelles technologies dans l'industrie automobile, les véhicules sont devenus de plus en plus performants. Les systèmes de freinage qui a pour rôle de réduire la vitesse ou d'immobiliser le véhicule doivent suivre ce même rythme. Le frein, comme organe majeur de sécurité, suscite constamment un grand intérêt pour les ingénieurs. Outre la concurrence dans le domaine de l'automobile de plus en plus rude s'ajoutent les soucis d'efficacité, de fiabilité, de confort, du coût et du délai de fabrication. L'objectif de l'ingénieur est donc de trouver le meilleur compromis entre ces exigences de sécurité et de ces contraintes technico-économiques. Pour pouvoir réaliser une conception optimale, il convient de mettre en œuvre des techniques numériques complétant les études expérimentales.

Dans l'industrie aéronautique et automobile, de nombreuses pièces sont soumises simultanément à des sollicitations thermiques et mécaniques. Les sollicitations thermomécaniques peuvent provoquer des déformations ou des endommagements qui peuvent entraîner l'inefficacité dans le cas du système de freinage. Par exemple, le frottement dans le système de freinage génère de la chaleur dans le disque laquelle peut engendrer des variations des propriétés mécaniques des matériaux de ses organes pouvant résulter en des déformations, vibrations et ruptures (usures et fissures) inacceptables.

L'ingénierie, les tests et les validations internes sont autant d'avantages qui créent la différence en termes de qualité, de consistance et de contrôle des produits de freinage, et ce surtout à grande échelle. Un processus méticuleusement contrôlé et rationalisé, assisté par des machines haut de gamme, qui permet de différencier les produits de freinage classiques des produits haut de gamme, qui auront une longévité accrue, une meilleure qualité de fabrication et une plus grande résistance à l'usure après un usage intensif. L'avantage pour le fabricant de plaquettes réside dans le fait qu'il maîtrise parfaitement son processus de production de A à Z et connaît la qualité de ses produits en sortie d'usine. Mais le plus grand avantage ? La fiabilité. Chaque distributeur, installateur, fournisseur ou automobiliste peut être sûr de la qualité consistante de chaque produit de ce fabricant.

Cependant, tous les fabricants de plaquettes de frein ne mettent pas cette théorie en pratique : le contrôle d'un processus de production aussi haut de gamme exige de nombreux contrôles, un laboratoire de suivi des essais et un engagement important.

D'où, notre objectif de ce travail est de nous maître le procédé de fabrication d'une plaquette de frein de véhicule suivant les normes modernes afin d'attendre la haute qualité selon une présentation qui s'articule autour de trois chapitres si après :

Le chapitre I présente une étude bibliographique fondée sur le système de freinage classique avec des généralités sur les types des freins

Le chapitre II décrit les plaquettes de frein en détaillant leurs types, matériaux de friction et le processus général de la fabrication.

Le chapitre III qui inclut la partie expérimentale consiste à élaborer toutes les étapes pour la fabrication d'une plaquette de frein au sein de l'usine.

Le chapitre IV résume les testes mécaniques appliqués sur la plaquette de frein construite.

Présentation de l'entreprise d'accueil

PRESENTATION DE L'ENTREPRISE

SARL INDUSTRIE AUTOMOBILE ALGERIE SERVICE FREINAGE



Présentation de l'entreprise d'accueil

Nous sommes une entreprise de fabrication mécanique EURL SVH, spécialisée dans la fabrication des pièces mécaniques et hydrauliques. EURL SVH avec ces deux unités de production sont dotés des machines très développées, sont équipées de technologie de pointe à savoir des centres d'usinages complètement automatique, des fraiseuses, des tours, des rectifieuses et machines de fabrication de la jointure hydraulique...etc. à haute précision et haute pression.

- **Création** : SARL IAASF a été créée en 2023
- **Activité** : fabrication de plaquettes de freins
- **Pdg** : mokrane djamel
- **CAPITAL SOCIAL** : 20 000 000.00 dza
- **Effectif** : 20 employés



Figure 1 : façade de l'entreprise

- **Coordonnées de l'entreprise**

- SARL INDUSTRIE AUTOMOBILE ALGERIE SERVICE FREINAGE (IAASF)
- Rc/35/00 0730032b23
- N° art d'imposition : 35203502345
- N° d'identification fiscale : 002335073003250
- n° D'IDENTIFICATION SOCIALE : 0 023 3520 00114 66
- Tel : 0550 116 439 / 0661 594 986
- Email : iaasf-plaquettesalgerie@hotmail.com
- Adresse : rond point kouadria – ouled moussa, wilaya de boumerdes



Figure 2 : situation géographique de l'entreprise.

- **Développement**

Maintenant, nous sommes un leader dans le domaine de la fabrication mécanique, un cumul d'expérience avéré, une maîtrise parfaite du domaine et surtout l'ambition de se développer continuellement afin de participer au développement de notre pays.

Nous suivons les orientations de l'état sur le développement de l'économie de l'Algérie surtout de stopper l'hémorragie de l'importation. Nous avons pensé à mettre en application notre savoir et savoir-faire au profit de l'économie algérienne en investissant dans notre domaine maîtrisé.

Présentation de l'entreprise d'accueil

Après une longue investigation et étude nous avons choisi de créer une usine digne de fabrication des plaquettes de frein (SARL IAA-SF) en basant sur un taux d'intégration le plus élevé possible.

- **informations au sujet de l'usine**

- Structure de 2696 Mètres carres pour la fabrication et le stockage des plaquettes de freins
- 432 mètres carres pour le bloc administratif
- 30 machines numériques et semi numériques



Figure 3 : photos des machines de l'usine

- **Marche**

Vue l'importance de marche automobile en Algérie qui ne cesse pas de s'augmenté et le besoin accru en pièce de rechange de tous type confondu en générale et en plaquette de frein en particulier.

- **But de projet**

Pour cela nous avons choisi le créneau de production des plaquettes de frein afin de participer à la satisfaction de marche nationale,

- **Objectif a moyen terme**

Nous envisageons l'exportation vers les payes voisines même européennes chose qui participera au même temps pour garde la devise nationale et de faire bénéficier la trésorerie algérienne avec de la devise étrangers

- **Objectif a long terme**

Suivant toujours notre stratégie de développement et les orientations de gouvernement, nous pensons a faire des extensions pour les plaquettes de frein d'autre types de véhicule autre les voitures léger, a l'exemple les camions lourds et les Ferrodoo aussi, et surtout la fabrication des disques de frein.

- **L'organisation de l'entreprise**

- DIRECTION GENERALE - assistante
- DIRECTION De la production
- Direction de la qualité, SANTE & environnement (qhse)
- DIRECTION DES FINANCES & COMPTABILITE
- Direction des ressources humaines
- DIRECTION COMMERCIALE & logistique
- Direction communication & marketing

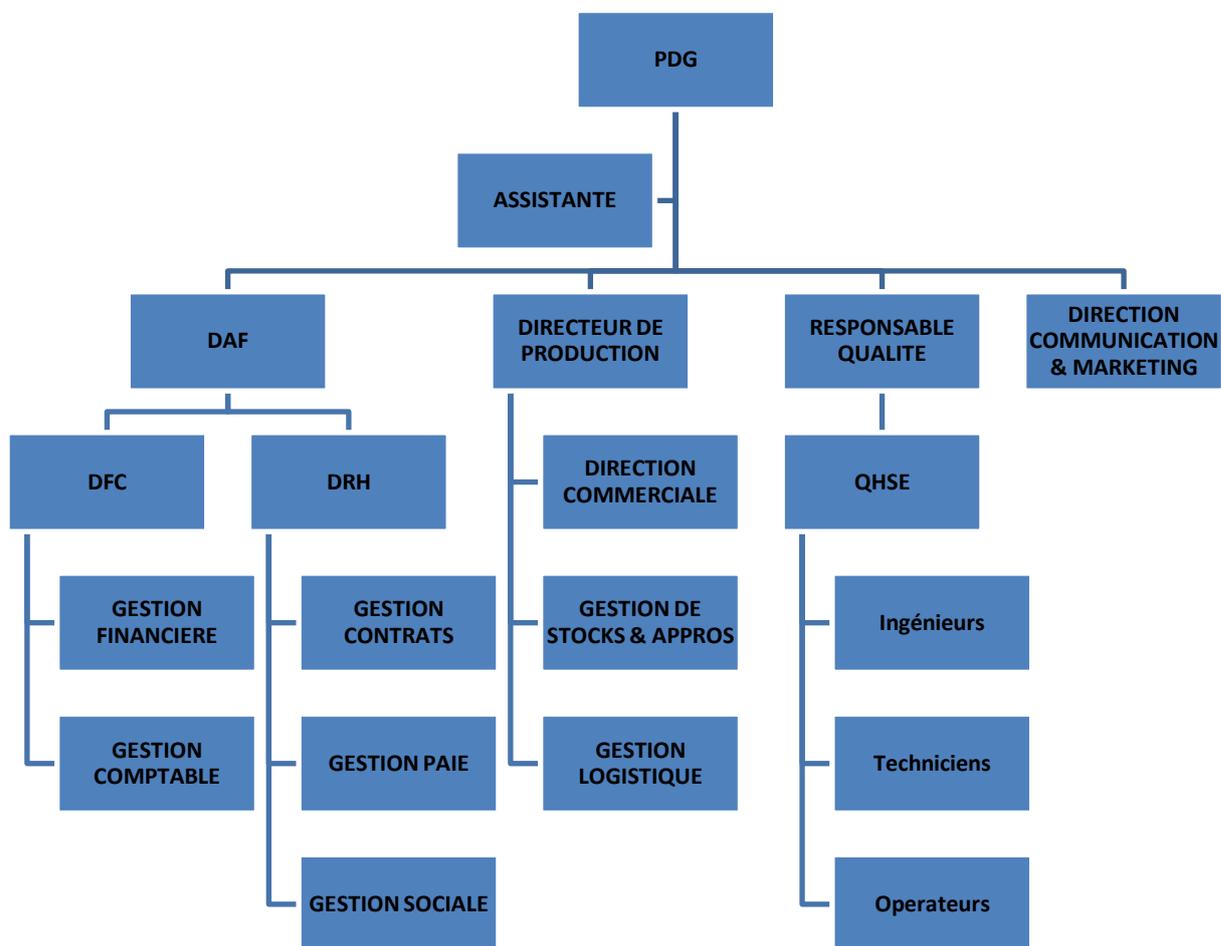


Figure 5 : L'organigramme de SARL IAASF

Chapitre I :
Généralités sur le
système de freinage

I.1 Introduction

Le mot freinage suppose l'existence, au préalable, d'un mouvement. Aussi la fonction principale d'un frein est de ralentir, voire d'immobiliser un système mécanique en mouvement. Il est le premier organe de sécurité sur les véhicules automobiles.

L'action de freinage a un effet important sur le comportement dynamique du véhicule. Ce qui est primordial pour le freinage est la composante longitudinale, qu'on appelle aussi, par abus de langage, force de freinage, puisque c'est elle qui s'oppose directement au mouvement du véhicule. Elle possède deux propriétés essentielles. D'une part, elle dépend de la vitesse longitudinale de glissement donc du taux de glissement. D'autre part, sa valeur absolue possède un maximum.

I.2 Définition et principe de système de freinage

Le système de freinage est un ensemble des dispositifs mécaniques dont l'élément principale c'est le frein qui inhibe le mouvement en absorbant l'énergie d'un système en mouvement. Ce dernier est utilisé pour ralentir ou arrêter un véhicule en mouvement, une roue, un essieu ou pour empêcher son mouvement, le plus souvent réalisé par frottement.

Le principe de freinage repose sur la transformation de l'énergie cinétique en énergie thermique par le biais d'actions qui peuvent être de nature magnétiques ou électromagnétiques, on parle alors de freinage à distance ou de nature mécanique où le contact entre les corps est souvent utilisé.

Le freinage mécanique est le plus couramment utilisé sur les véhicules automobiles. Il est basé sur un phénomène physique encore peu appréhendé, qui est le frottement. L'étude de ce dernier fait appel à plusieurs domaines, notamment la tribologie et la mécanique du contact qui sont des domaines de la physique les plus complexes. L'efficacité d'un système de freinage mécanique est liée à la capacité de ses constituants d'assurer un frottement suffisamment important et de pouvoir dissiper rapidement la chaleur afin d'éviter la surchauffe de l'ensemble du mécanisme.

I.3 Historique

Dans les années 1920, Rémy DOHER pionnier de l'automobile et de l'aviation adapte un système d'antiblocage à fonctionnement hydraulique, ce système permit aux avions d'atterrir sans dérapage sur leurs couloirs, ce qui n'était pas le cas du système de freinage mécanique qui était utilisé.

En 1928, l'allemand Karl Wessel obtient une licence pour la conception d'un dispositif defreinage d'urgence pour l'automobile, mais ses travaux ne dépassent pas le stade de l'étude. C'est en 1936 que naît l'idée d'un système de freinage ABS avec Bosch qui dépose un brevet d'invention pour un tel dispositif.

Dans les années 1960 les travaux de recherche et développement pour des applications de l'ABS à l'automobile redémarrent à Heidelberg dans la société Teldix (contraction de Telefunken et Bendix, sociétés partenaires du projet). En 1966, la première voiture pourvue d'un ABS mécanique est la Jensen FF équipée d'un ABS de type Dunlop-Maxaret. La

société Bendix qui cherchait à commercialiser ce dispositif avait fait réaliser un film de promotion. Le réalisateur en était Claude Lelouch, le présentateur Michel Drucker et le cascadeur n'était autre que Rémy Julienne. Le titre du film était L'Arrêt et comportait quelques très belles images, comme celles qui montraient comment l'homme montant un cheval à cru sans renne, parvenait à stopper celui-ci.

En 1969, la première génération d'un système antiblocage contrôlé électroniquement est présentée au Salon de l'automobile de Francfort (Internationale Automobil-Ausstellung ou IAA) par la compagnie américaine ITT Automotives qui avait racheté Alfred Teves GmbH 4,5. C'est dans cette version du système que la vitesse d'enfoncement de la pédale de frein est mesurée et indique un freinage d'urgence probable.

En 1970, la Citroën SM a failli être équipée d'un ABS Teldix, mais les difficultés financières d'Automobiles Citroën et le premier choc pétrolier ont raison du projet d'application. Ce dispositif comprenait environ 1 000 composants analogiques, et était donc très lourd et lent au fonctionnement. Grâce à la technologie numérique, la quantité de pièces pourra être réduite à 140 composants et permettra ainsi une production du système en série. En 1975, Bosch achète les brevets et licences à Teldix sur l'élaboration d'un dispositif visant à éviter le blocage des roues d'un véhicule à moteur à combustion interne. En 1978, Bosch commercialise son ABS électronique (ABS2) et en même temps en fait une marque déposée. Les autres équipementiers et constructeurs utiliseront le terme ABV (Automatischer Blockierverhinderer). Et les premiers véhicules à en être dotés en option sont les modèles allemands : Mercedes classe S en octobre et BMW série 7 en décembre. En 1985, la Ford Scorpio est le premier véhicule à en être équipé de série. En 1988, La BMW K1 est la première moto à en être doté en option d'un système du fournisseur FAG Kugelfischer et cela coûtait 1 980 DM.

En 1986, à la demande de PSA à qui Bosch refusait de livrer les volumes d'ABS nécessaires à sa stratégie d'équipement, privilégiant les constructeurs allemand, Bendix recommençait le développement d'un système ABS. Le système fut lancé sur la 405 Mi16, puis étendu aux 605 et XM. Renault fut également client de ce système avec la R19. Ces produits ont été fabriqués à Drancy. Compte tenu des développements commerciaux, un deuxième site de production situé à Moulins (Allier) fut équipé de ligne d'usinage et de montage à partir de 1992. Ce site produisit des systèmes Mécatronic 2 puis 3 pour la Ford Mondéo.

En 2003, Daimler-Benz a développé le système, appelé; BAS Plus, en lui couplant un radar de régulation de distance. L'objectif était d'éviter les collisions par l'arrière ou tout au moins d'en diminuer la vitesse d'impact. Si le véhicule suiveur en est aussi équipé, la distance et la vitesse de rapprochement des deux véhicules sont constamment mesurées. En cas de vitesse différentielle trop élevée, une alarme visuelle est déclenchée et la moindre action sur les freins active le freinage d'urgence assisté.

En 2004, l'usine Biria située à Neukirch/Lausitz près de Heidelberg en Allemagne monte le premier système ABS sur un vélo. Depuis 2004, la législation européenne impose l'équipement en série de l'ensemble des nouvelles voitures commercialisées dans l'Union.

I.4 Systèmes de freinage conventionnels

Dans les systèmes de freinage, on distingue de deux dispositifs. Le dispositif de freinage à disques ou à tambour et le dispositif de commande (mécanique, hydraulique ou pneumatique) qui comprend tous les éléments permettant au conducteur d'actionner le dispositif de freinage. Aujourd'hui, les véhicules automobiles sont généralement, équipés d'un système de freinage hydraulique ou pneumatique. La commande mécanique, qui avait équipé les premières véhicules et utilisant un câble pour actionner le dispositif de freinage, est actuellement, réservée pour le frein de stationnement dit « frein à main ». La différence entre le système hydraulique et le système pneumatique réside dans la propriété de compressibilité du fluide utilisé dans chaque système. Les systèmes de freinage à commande hydrauliques qui sont généralement équipés de dispositifs d'assistance et de réglage automatique, nécessitent un faible déplacement du liquide pour transmettre les pressions et actionner les freins. Alors que les systèmes pneumatiques dont la plus plupart ne sont pas munis de dispositifs de réglage automatique, l'air étant très compressible, nécessitent un volume d'air en provenance des réservoirs relativement plus élevé pour que s'accumule la pression nécessaire au fonctionnement des récepteurs de freinage. Aussi, les conducteurs de véhicules munis de freins pneumatiques doivent se rappeler que les véhicules ayant un système de freinage hydraulique réagissent et atteignent-leur capacité de freinage plus rapidement que les freins pneumatiques.

Quand le conducteur appuie sur la pédale de frein il actionne le maître-cylindre qui est un système piston cylindre rempli d'huile provenant d'un réservoir d'huile spécial frein, alors il est créé une pression à la sortie du maître-cylindre.

Cette pression est transmise aux freins (tambour ou disque) par l'intermédiaire d'un circuit hydraulique (figure. I.1).

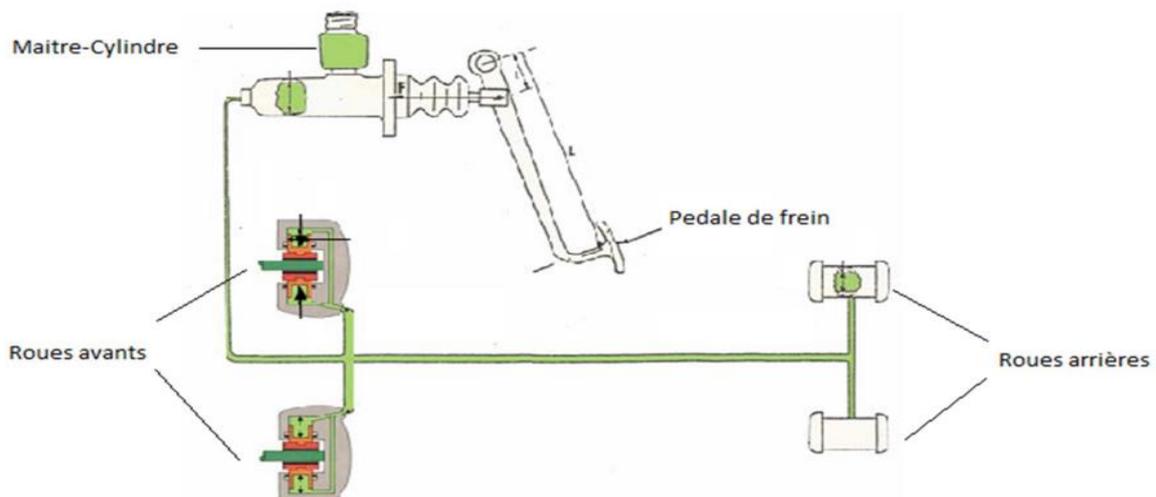


Figure I.1 : Système de freinage classique.

I.5 Composition du système de freinage

Le système de freinage automobile est composé d'une multitude d'éléments aux rôles spécifiques permettant une réaction rapide et efficace du véhicule à la pression physique du

Chapitre I : Généralités sur le système de freinage

conducteur. Il existe différents types de freins, cependant les freins modernes sont plus souvent équipés de disques plutôt que de tambours.

Le système de freinage es composé de :

- Le conducteur appuie sur la pédale de frein dans le but de ralentir le véhicule.
- L'amplificateur de freinage, ou servofrein, multiplie la force exercée sur la pédale de frein afin qu'elle soit suffisante pour faire fonctionner le système. Il n'est pas indispensable sur la plupart des véhicules légers mais facilite amplement le freinage.
- Le maître-cylindre de frein génère la pression permettant le fonctionnement des organes récepteurs du freinage grâce au liquide de frein. Ce dernier est déplacé par un piston dans le cylindre et la pression hydraulique est alimentée aux freins à travers les canalisations hydrauliques (flexibles et tuyaux) avant et arrière du véhicule.

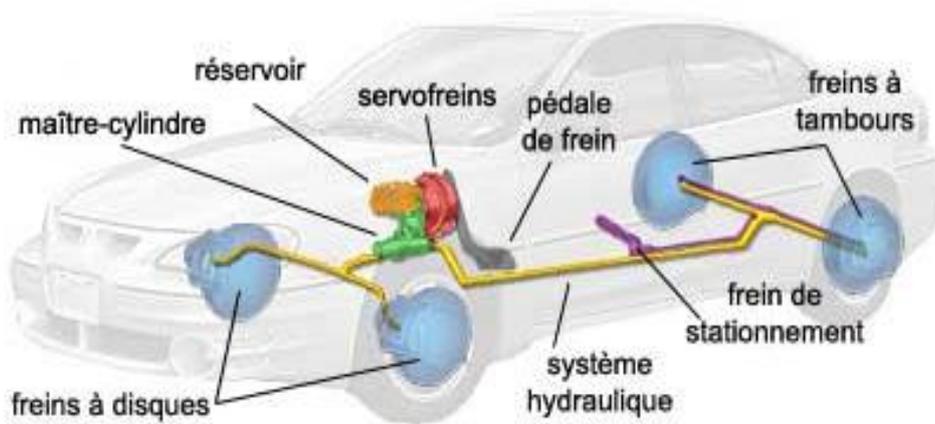


Figure I.2 : les éléments d'un système de freinage de véhicule.

Dans les freins à disque :

- Les étriers servent de support aux pistons et aux plaquettes.
- Les pistons appuient sur les plaquettes de frein avec la pression exercée par le fluide.
- Les plaquettes de frein entrent en contact avec le disque lorsque pressées par les pistons.
- Le disque de frein, monté sur le moyeu de roue, est l'autre élément de friction qui, ensemble avec les plaquettes de frein, permettent l'arrêt de la roue.

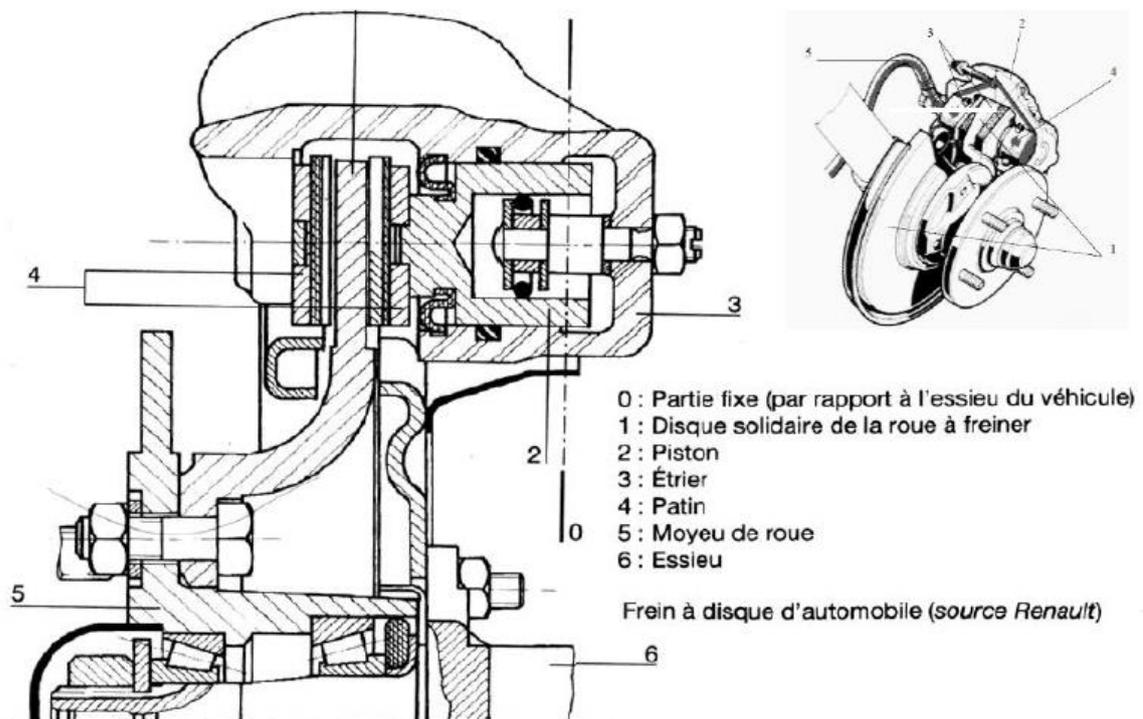


Figure I.3 : Compositions d'un frein à disque

Dans les freins à tambour :

- Le tambour contient les éléments du frein.
- Les pistons exercent une pression sur les mâchoires, dans la direction opposée aux ressorts de rappel.
- Les mâchoires de frein sont poussées vers l'extérieur, hors du cylindre de roue.

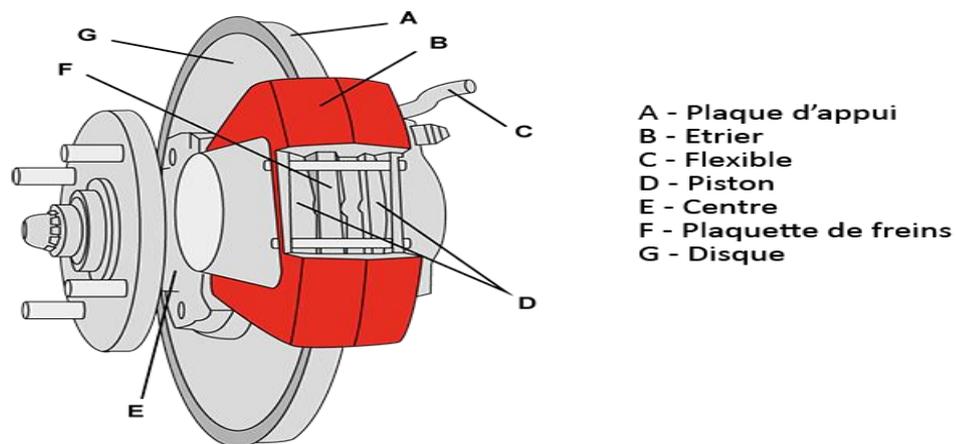


Figure I.4 : Composantes d'un frein à tambour.

Les éléments de freinage doivent être inspectés régulièrement et maintenus en bon état pour garantir un freinage de bonne qualité, non seulement pour votre sécurité mais aussi pour celle des autres usagers de la route et de vos passagers. Les consommables doivent être remplacés dès qu'ils dépassent leur limite d'usure.

L'efficacité du freinage dépend de plusieurs facteurs : le poids total du véhicule, sa vitesse, la force exercée sur la pédale de frein, et l'état et la qualité des matériaux des surfaces de friction. Les freins devant supporter de gigantesques charges, ils sont prévus pour être jusqu'à 7 fois plus puissants que le moteur. La puissante friction de freinage génère une intense chaleur, les éléments peuvent atteindre des températures jusqu'à 800 °C. Les freins avant sont particulièrement sollicités, ils supportent en effet jusqu'à 70 % du freinage, leurs consommables s'usent par conséquent plus rapidement que ceux des freins arrière.

I.6 Matériaux de freinage

Le Système de freinage utilise des plaquettes de frein, des garnitures de frein, des mâchoires de frein et des semelles de frein. Les nombreuses pièces mécaniques nécessitent de nombreux matériaux de freinage. De même, la multitude d'applications de freins nécessite une construction variable. Ces dispositifs sont utilisés dans les secteurs de l'automobile, des chemins de fer, des autocars de transport en commun, des bicyclettes, des machines de construction et de l'agriculture pour aider à contrôler la vitesse et à arrêter des véhicules allant des tracteurs aux voitures de course. Quelle que soit la taille ou la pièce spécifique, il existe des directives générales pour les matériaux de frein.

Ces matériaux doivent être solides et capables de résister aux effets de l'usure, tels que les rayures, le grippage et l'ablation. Étant donné que le freinage génère une grande quantité de chaleur perdue, ces matériaux doivent tenir compte de la dilatation thermique et rester constants dans une plage de températures, avoir une capacité calorifique élevée, de bonnes propriétés thermiques et une bonne conductivité.

Ces systèmes sont naturellement soumis à beaucoup de pression, ce qui rend leur capacité de résister à des pressions de contact élevées, essentielles à leur fonctionnalité. Les systèmes de freinage sont souvent exposés à l'environnement et doivent également pouvoir supporter l'humidité, la poussière et d'autres facteurs environnementaux, tout en continuant à fournir des capacités de ralentissement constantes. De nombreux composants, mais pas tous, participent à la création de frictions qui entraînent le ralentissement d'un véhicule. Ces composants particuliers doivent présenter toutes les caractéristiques ci-dessus tout en maintenant un coefficient de frottement élevé, qui est le rapport de la force de frottement entre deux corps en contact l'un avec l'autre. Ces matériaux de friction sont souvent rugueux ou texturés pour fournir une friction supplémentaire et augmenter l'efficacité.



Figure I.5 : Matériaux de freinage - ProTec Friction Group

Le processus de base du freinage repose en grande partie sur la fonctionnalité et l'efficacité des matériaux utilisés pour fabriquer chacune des nombreuses pièces. Dans les systèmes de freinage, un levier ou une pédale est enfoncé, libérant le liquide de frein qui est mis sous pression et transmis simultanément au mécanisme de freinage pour chaque roue. Une petite pompe hydraulique engage le patin de frein ou l'étrier. Le patin presse le patin ou la garniture de frein dans le disque ou la roue en rotation. Le frottement créé par le contact des deux matériaux ralentit la roue proportionnellement à la pression exercée.

Parmi les composants à forte contrainte mais à faible frottement tels que le sabot de frein ou l'étrier de frein, l'acier, la fonte, l'aluminium et la céramique sont courants. Alors que l'amiante était autrefois le choix le plus populaire pour les éléments soumis à de grandes frictions, les risques pour la santé ont amené la production de freins à trouver des alternatives. La céramique, le cuivre, l'acier, le fer, les minéraux, la cellulose, l'aramide, le verre haché, le caoutchouc et le laiton sont tous utilisés dans la création de matériaux composites utilisés dans les freins. Ces amalgamations sont utiles dans la mesure où elles conservent les qualités, la résistance au frottement et la résistance de toutes les poudres et fibres utilisées dans leur formation.

Ces matériaux de frein sont souvent fixés par des rivets ou des adhésifs forts à des bases métalliques. L'expérience sur le terrain, ainsi que l'ingénierie chimique et des matériaux, permettent des progrès constants dans la conception des matériaux de freins. Ces progrès se traduisent par des coûts de maintenance et d'exploitation réduits, une plus longue durée de vie, une meilleure fonctionnalité et la satisfaction générale du consommateur.

I.7 Généralités sur les freins

I.7.1 Définition

Un frein est un dispositif mécanique qui inhibe le mouvement en absorbant l'énergie d'un système en mouvement. Il est utilisé pour ralentir ou arrêter un véhicule en mouvement, une roue, un essieu ou pour empêcher son mouvement, le plus souvent réalisé par frottement.



Figure I.6: schéma d'un frein

I.7.2 Classification des freins

Les freins sont classés en trois catégories :

I.7.2.1 Selon le but

Frein primaire ou de service

Ce frein est utilisé lorsque le véhicule est en marche pour arrêter ou ralentir le véhicule. Il s'agit du système de freinage principal, situé à la fois dans les roues arrière et avant du véhicule.

Freins secondaires

Les freins secondaires, également appelés freins de stationnement ou de secours, servent à immobiliser le véhicule. Il est généralement actionné à la main, aussi appelé frein à main. La fonction principale de ce frein est de maintenir le véhicule à l'arrêt lorsqu'il est garé.

I.7.2.2 Selon la construction

Frein à tambour (à sabot)

Frein à bande (à sangle)

Frein à disque

I.7.2.3 Selon l'actionnement

Freins mécaniques

Dans ces freins, la force de freinage est appliquée mécaniquement là où nous avons besoin de peu de force pour freiner. Ces freins sont utilisés dans les petits véhicules tels que les scooters, les vélos, etc., où une faible force de freinage est nécessaire.



Figure I.7 : Frein mécanique.

Freins hydrauliques

Dans les freins hydrauliques, la force de freinage est appliquée par l'huile hydraulique. C'est l'un des systèmes de freinage les plus utiles et les plus fiables. Ces freins sont utilisés dans la plupart des voitures particulières.

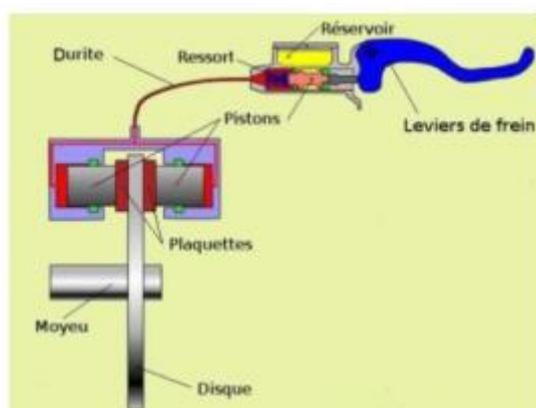


Figure I.8 : Frein hydraulique.

Freins électriques

Dans ce système de freinage, l'effet magnétique de l'électricité est utilisé pour appliquer la force de freinage. Le piston de freinage et le disque sont connectés à l'électricité.

Lorsque nous voulons appliquer le frein, nous commençons l'électricité, ce qui crée un effet magnétique entre la plaquette de frein et le disque. Donc, le frein est appliqué.



Figure I.9 : Frein électrique.

Freins à air

Dans les freins pneumatiques, la pression atmosphérique est utilisée pour générer la force de freinage. Ce système de freinage est utilisé dans les véhicules lourds, c'est-à-dire les camions, les bus, etc.



Figure I.10 : Frein pneumatique.

Freins à vide

Ces freins utilisaient le vide pour appliquer la force sur les plaquettes de frein. C'est l'un des systèmes de freinage les plus puissants. Ce frein est utilisé dans les gros et lourds véhicules, c'est-à-dire les trains, les navires lourds, etc.

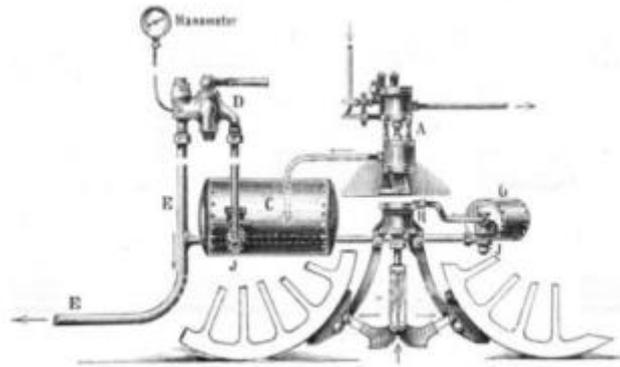


Figure I.11 : Freins à vide.

I.7.3 Types de freins

Il y a trois types essentiels

I.7.3.1 Les freins à disques

Un frein à disque est un type de frein qui utilise des étriers pour serrer des paires de patins contre un disque ou un "rotor" (Kamberg, 2015) pour créer un frottement. Cette action ralentit la rotation d'un arbre, tel qu'un essieu de véhicule, afin de réduire sa vitesse de rotation ou de le maintenir immobile. L'énergie du mouvement est convertie en chaleur perdue qui doit être dispersée.

Les freins à disque à commande hydraulique sont la forme de frein la plus couramment utilisée pour les véhicules automobiles, mais les principes d'un frein à disque sont applicables à presque tous les arbres en rotation.



Figure I.12 : Freins à disque.

Ils sont utilisés dans de nombreux domaines car ils cumulent de nombreux avantages par rapports aux autres types de systèmes de freinage :

- Freinage progressif,
- Stabilité du couple de freinage à haute vitesse et bonne tenue dans des conditions sévères d'utilisation,
- Bonne évacuation de la chaleur (disques ventilés)
- Facilité d'entretien.

A dimensions égales, ils sont cependant moins puissants que des freins à tambour. Ces freins sont utilisés aussi bien sur des véhicules de petite dimension (vélo, moto) et à petite vitesse que sur des mobiles plus volumineux et plus rapides (avions, trains). La différence entre les systèmes de freinage utilisés se fera sur le nombre de disques de frein (le couple de freinage est proportionnel à ce nombre) et les matériaux employés pour les disques (céramiques, composites, fonte, acier...).

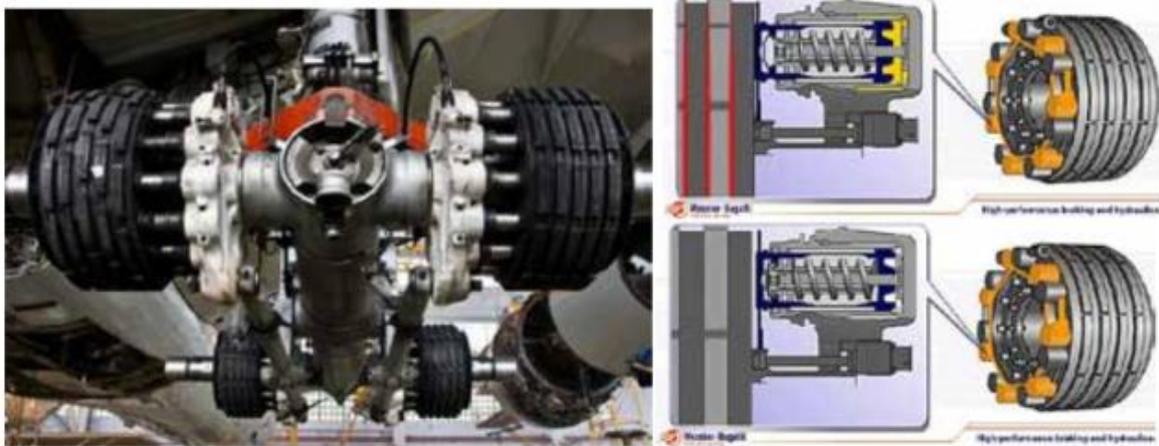


Figure I.13 : Frein à disque d'Airbus A340 à commande hydraulique (Messier Bugatti).

Le système de commande de ce type de frein est depuis toujours hydraulique, cependant pour des raisons de réduction des masses et de sécurité, les constructeurs développent des systèmes de freinage à commande électromécaniques.



Figure I.14 : Système de freinage électromécanique du Boeing 787 (Messier Bugatti).

I.7.3.2 Les freins à bande

Un frein à bande est un frein primaire ou secondaire. Il consiste en une bande de matériau de friction qui se resserre de manière concentrique autour d'un équipement cylindrique soit pour l'empêcher de tourner (un frein statique ou "de maintien"), soit pour le

ralentir (un frein dynamique). Cette application est courante sur les tambours de treuil et les scies à chaîne et est également utilisée pour certains freins de vélo. Une application antérieure était le verrouillage des couronnes dentées dans les engrenages épicycloïdaux. Dans les transmissions automatiques modernes, cette tâche a été entièrement assumée par des embrayages à disques multiples ou des freins à disques multiples.



Figure I.15 : Frein à bande.

I.7.3.3 Freins à tambour

Un frein à tambour est un frein qui utilise le frottement causé par un ensemble de patins ou de plaquettes qui s'appuie vers l'extérieur contre une pièce en forme de cylindre en rotation appelée tambour de frein.

Le terme frein à tambour signifie généralement un frein dans lequel des sabots exercent une pression sur la surface intérieure du tambour. Lorsque les chaussures appuient sur l'extérieur du tambour, on parle généralement de frein à fermoir. Lorsque le tambour est pincé entre deux sabots, à la manière d'un frein à disque conventionnel, il est parfois appelé frein à tambour à pincement, bien que ces freins soient relativement rares.



Figure I.16 : Frein à tambour.

I.8 Freinage en dynamique du véhicule

L'action de freinage a un effet important sur le comportement dynamique du véhicule. Ce qui est primordial pour le freinage est la composante longitudinale, qu'on appelle aussi, par abus de langage, force de freinage, puisque c'est elle qui s'oppose directement au mouvement du véhicule. Elle possède deux propriétés essentielles. D'une part, elle dépend de la vitesse longitudinale de glissement donc du taux de glissement. D'autre part, sa valeur absolue possède un maximum.

I.8.1 Coefficient de freinage

La force de freinage est caractérisée par son coefficient d'adhérence ou de freinage μF . Ce dernier est défini comme le rapport entre la force de freinage et le poids de la voiture. Dans l'hypothèse d'une décélération constante celui-ci se réduit à :

$$\mu F = \frac{\gamma}{g} \quad (I.1)$$

Avec g : l'accélération gravitationnelle.

γ : la décélération constante du véhicule due au freinage.

Le coefficient de freinage est une grandeur sans dimension qui dépend, comme la force de freinage, du taux de glissement. Aussi il est important de rappeler que la force de freinage maximum est obtenue lorsque les pneumatiques sont à la limite de l'adhérence. C'est le principe même du système ABS.

I.8.2 Coefficient de glissement

Le glissement se définit comme l'écart relatif entre la **vitesse circonférentielle** v de la roue et la **vitesse de translation** V du véhicule. Il est caractérisé par un coefficient de glissement, dit aussi taux de glissement, donné par :

$$\lambda = \frac{V-v}{v} (I.2)$$

Avec :

λ : Coefficient de glissement.

V : Vitesse de translation de véhicule, exprimée en m.s-1

v : Vitesse circonférentielle de la roue, exprimée en m.s-1

C'est une grandeur sans dimension qui s'exprime indifféremment par un pourcentage ou un coefficient.

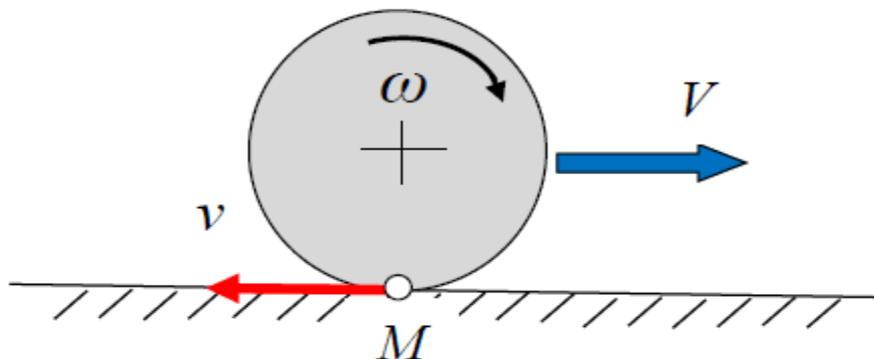


Figure I. 17 : Cinématique d'une roue en mouvement de rotation et de translation.

Le coefficient de glissement est compris entre 0 et 1. Dans le cas d'un glissement nul ($\lambda = 0\%$), la roue est en parfaite adhérence avec le sol, cela signifie qu'il n'y a pas de différence entre la vitesse de rotation de celle-ci et la vitesse de translation du véhicule. Lorsque le glissement égal à 1 ($\lambda=100\%$) cela signifie qu'il n'y a pas du tout d'adhérence entre la roue et le sol. Dans ce cas, soit la roue est totalement bloquée au freinage, soit elle tourne alors que la véhicule reste immobile.

Il existe une autre force qui a un effet important sur la dynamique du véhicule et sur laquelle le taux de glissement, a une influence. C'est la force latérale ou de dérive. Celle-ci est la conséquence des déformations des pneumatiques des roues.

- **Relation entre les coefficients de freinage μ_F et de glissement λ**

La figure ci-dessous montre l'évolution du coefficient de freinage μ_F en fonction du glissement λ pour les différentes conditions de chaussées. Sur une couche de glace les valeurs du coefficient de freinage restent très faibles. Il atteint des valeurs très importantes sur des chaussées sèches ou mouillées.

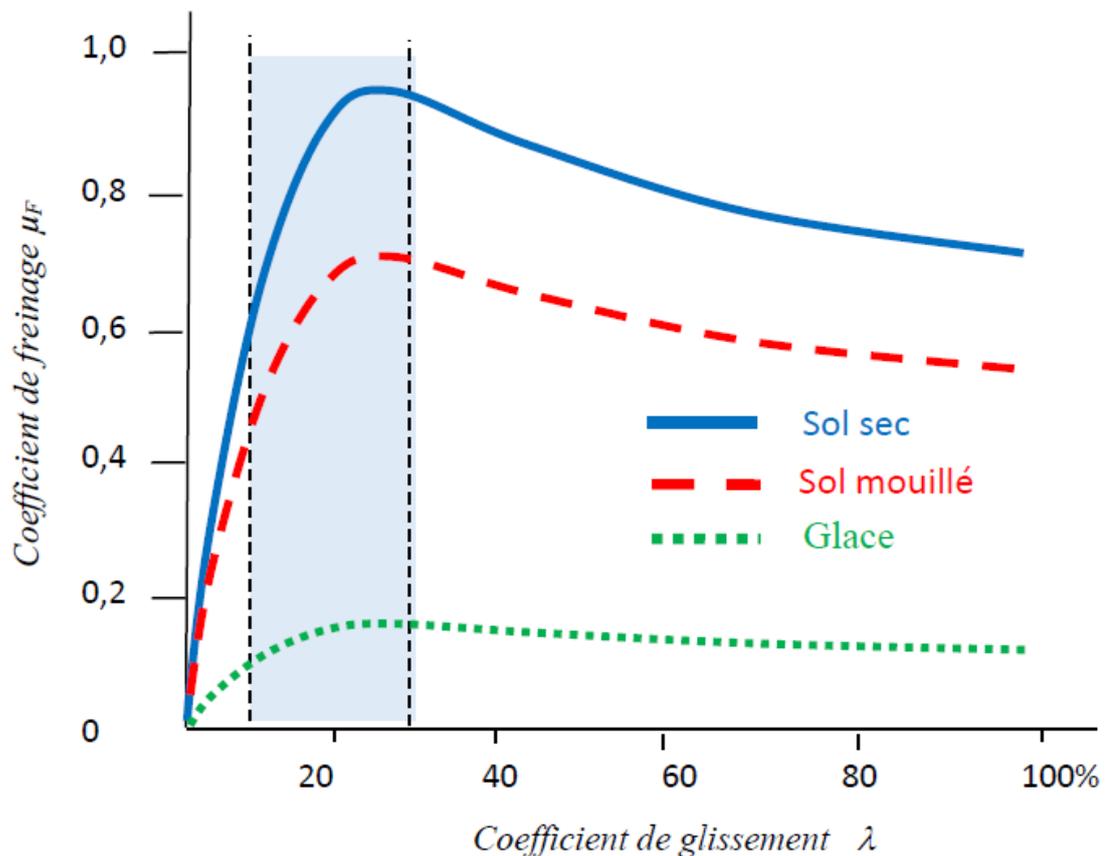


Figure I.18 : Relation entre les coefficients de freinage μ_F et de glissement λ pour des différentes chaussées.

Dans toutes ces conditions, la valeur maximum du coefficient de freinage est atteinte pour un glissement situé entre 10 et 30 % (zone optimale).

Pour des coefficients de glissement inférieurs, le freinage ne présente aucun danger (zone de stabilité). Le coefficient de glissement varie rapidement de 30 à 100% dès qu'il y a un sur-freinage et la roue se bloque (zone d'instabilité). Le dispositif antiblocage dose la force de

freinage pour maintenir le glissement des pneumatiques dans la zone optimale (λ compris entre 10 et 30 %).

I.8.3 Distance de freinage

Il s'agit de la distance parcourue par le véhicule pendant le freinage. Elle dépend de la **vitesse initiale** du véhicule et de sa **décélération**. Elle est donnée par l'équation (I.3) suivante :

$$D_f = \frac{(v_i - v_t)^2}{2\gamma}$$

Où

D_f : Distance de freinage en **m** (mètre).

v_i : Vitesse initiale en **m/s** (mètre par seconde).

v_t : Vitesse terminale en **m/s**

γ : Décélération en **m/s²**.

Pour la distance d'arrêt total du véhicule, il faut ajouter la distance parcourue pendant le temps de réaction du conducteur [3].

I.9 Condition à remplir dans un système de freinage

Le système de freinage idéal doit être capable d'arrêter à tout moment un véhicule sur la distance la plus courte possible et le maintenir à l'arrêt. Le freinage devra donc répondre à plusieurs critères :

- 1- Efficacité : L'effort à appliquer sur la pédale sera faible, pour une puissance de freinage maximum.
- 2- Stabilité : le véhicule gardera sa trajectoire sans dérapage, ni tirage, ni déport, ni réaction dans le volant.
- 3- Fidélité : pour un effort sur la pédale, on obtiendra toujours un même ralentissement.
- 4- Confort : le freinage sera progressif, sans bruit, L'effort et la course à la pédale seront judicieux.

Il est possible de réaliser des systèmes de freinage remplissant toutes ces conditions et tous les systèmes actuels tendent vers ce but, mais ils ne sont que des compromis afin que leur prix demeure acceptable sur les véhicules de grande série.

I.10 Applications des systèmes de freinage

Les freins sont un élément de sécurité décisif dans les entraînements mécaniques, les véhicules et dans beaucoup de machines. Leur fiabilité et leur durée de vie sont déterminantes pour la sécurité et la qualité de toute l'installation.

Les systèmes de freinage sont chargés du ralentissement contrôlé et de l'arrêt sûr de l'installation complète, respectivement de ses parties mobiles. En tant qu'importants éléments de sécurité, ils doivent remplir de très hautes exigences. Celles-ci dépendent du champ d'application particulier.

Donc les systèmes de freinage doivent être conçus spécifiquement pour le cas d'utilisation concerné.

Les freins à actionnement hydraulique sont principalement utilisés là où de grandes forces de freinage couplées ensemble à un contrôle sensible doivent être exercées dans un espace restreint.

Dans les applications avec des exigences de sécurité particulièrement élevées ; par exemple dans les véhicules et téléphériques ; les systèmes de freinage sont sécurisés avec des dispositifs de sécurité complémentaires tels que valves redondantes ou une surveillance de la position de commutation.

Dans les générateurs éoliens, les systèmes de freinage à actionnement hydraulique sont utilisés pour l'orientation et fixation de l'azimut. Précisément lors de hautes vitesses du vent, le système doit pouvoir sortir du flux du vent de façon contrôlée et être arrêté pour éviter des dommages à la boîte d'entraînement et au générateur.

Les systèmes de freinage jouent aussi un rôle déterminant dans les machines stationnaires de fabrication des textiles par exemple. Dans ces cas, les tambours tournant à grande vitesse doivent être freinés en quelques millisecondes sans que les fils textiles s'emmêlent, ou même cassent.

Les domaines d'application typiques des systèmes de freinage hydraulique sont entre autres:

- Véhicules ferroviaires
- Machines de travail mobiles
- Treuils
- Générateurs éoliens
- Elévateurs de marchandises
- Machines textiles
- Téléphériques
- Grues

I.11 Conclusion

Autant qu'une installation de sécurité, le système de freinage doit répondre aux exigences de maintenance tels que :

- **Contrôle du circuit de freinage**

Les canalisations de freins doivent être inspectées à chaque montée du véhicule sur un pont élévateur. Les flexibles doivent retenir une attention plus particulière. Les contrôles visuels porteront sur l'absence de fuite, de fissures, d'hernies et de chocs.

- **Contrôle des pièces d'usure**

L'épaisseur des plaquettes et des segments ainsi que le diamètre intérieur du tambour sont mesurés avec un pied à coulisse. L'épaisseur du disque est mesurée avec un micromètre. Le voile du disque est mesuré avec un comparateur.

Chaque mesure effectuée est comparée à une valeur de référence constructeur (valeur mini pour les épaisseurs et valeur maxi pour le diamètre du tambour et le voile du disque) pour déterminer les éléments à remplacer.

- **Contrôle de la pression de freinage**

Pour contrôler la pression sur chaque récepteur, il faut brancher sur les vis de purge des manomètres. Cette intervention permet de vérifier la bonne répartition de la pression et le réglage du correcteur de freinage (si réglable).

- **Purge du circuit de freinage**

À chaque ouverture du circuit (ouverture d'un raccord), il est impératif de chasser l'air du circuit en le purgeant. Cette intervention doit se faire seul à l'aide d'un appareil de purge ou éventuellement à deux (méthode dite "à la pédale").

Chapitre II :

Généralités sur les plaquettes de freins

II.1 Introduction

Les plaquettes de freins équipent tous les véhicules munis d'un frein à disques. Elles ont pour rôle de serrer (frottement) les disques lors du freinage afin de ralentir sa vitesse ou d'immobiliser le véhicule. La garniture s'amincit à chaque freinage sous l'effet du frottement et de la chaleur engendrée.

L'échauffement est plus rapide quand la garniture n'est pas assez épaisse ; ceci entraîne un freinage inefficace associé à une réaction lente de la pédale.

La plaquette de frein doit assurer un freinage constant par tous les temps et sur une grande plage de températures. Elle doit aussi répondre à des exigences strictes de confort, de longévité ou de progressivité de freinage. Ce sont là des contraintes dont il faut tenir compte pour les performances de freinage d'un côté et pour le coût de production de l'autre.

Les plaquettes, classées pièces d'usure, sont des éléments importants pour la sécurité du conducteur. L'usage montre qu'elles doivent être remplacées tous les 30 à 40 000 km. La fabrication de la plaquette nécessite l'application de plusieurs techniques:

- Support métallique : obtenu par découpage (découpage fin pour la première monte), il subit des opérations de nettoyage et de grenailage.
- Matériau de friction : pesage mélange (et remélange).
- L'ensemble : cuisson, cautérisation (pour la première monte), rectification et peinture.
- Personnalisation : plaque antibruit, marquage.

II.2 Définition

C'est un élément de sécurité et une pièce d'usure sur la voiture. La plaquette de frein est donc un élément à connaître pour tous les conducteurs et conductrices soucieux du bon entretien et de la sûreté de leur véhicule.

Une plaquette de frein avant ou arrière est la pièce qui rentre en friction avec le disque ou le tambour lorsque vous actionnez la pédale de frein. Elle fait partie d'un système de freinage plus vaste.

Ainsi, sur un système de freins à disques classique, un ou des piston(s) rattaché(s) à un étrier est/sont activé(s) par un système hydraulique. Ces pistons "poussent" ainsi les plaquettes vers le disque, afin de générer le frottement nécessaire au freinage.

En convertissant l'énergie cinétique (celle du mouvement des roues de la voiture) en énergie thermique (la friction engendrée par la pression des plaquettes de frein contre les disques en mouvement crée de la chaleur), elles permettent de ralentir le véhicule.

Les plaquettes sont constituées de deux parties : un socle en métal et des garnitures. Ce sont ces dernières, généralement en matériaux composites, qui entrent en contact avec le disque de frein (la température dépasse les 500°C).



Figure II.1 : Plaquettes de frein.

Positionnées à l'intérieur des étriers, les plaquettes de frein font partie intégrante de votre système de freinage. Elles sont constituées d'une garniture qui entre en friction avec les disques de frein lors des phases de freinage. Cette friction répétée a tendance à user la garniture des plaquettes c'est pourquoi il est important de contrôler leur état et de les remplacer si la garniture devient trop fine. De manière générale, les véhicules sont équipés de quatre plaquettes par roue.

II.3 Rôle des plaquettes de frein

Le rôle des plaquettes de frein est de ralentir ou d'arrêter votre véhicule quand vous appuyez votre pédale de frein. Lorsque vous freinez, le liquide de frein présent dans votre système de freinage va venir activer les pistons des étriers qui vont eux-mêmes pousser la garniture des plaquettes contre les disques de frein afin de générer une friction. Cela permettant de ralentir la vitesse de vos roues.

Cette friction répétée va user vos disques et vos plaquettes de frein. En effet, au fur et à mesure des freinages, la garniture des plaquettes frottant contre les disques va diminuer. C'est pour cette raison qu'il est conseillé de les contrôler régulièrement et de les remplacer si nécessaire afin de préserver la performance de votre freinage.

Si on ne remplace pas les plaquettes de frein, le risque de se mettre en danger aura lieu car les distances de freinage seront nettement rallongées. On risque aussi d'endommager les disques de frein. En effet, s'il n'y a plus assez de garniture sur les plaquettes, c'est le support métallique des plaquettes qui entrera en friction contre les disques ayant pour conséquence de les rayer. On sera donc forcé de remplacer à la fois les plaquettes et les disques.

II.4 Structure et composition d'une plaquette de frein

La plaquette de frein est un élément structurel majeur de tout système de freinage. Le disque de freinage et la plaquette de frein, également appelée plaquette de frottement, constituent une paire d'éléments de frottement qui sont soumis à l'usure et qui doivent, par conséquent, résister à des sollicitations extrêmes.

Afin d'obtenir les meilleurs résultats possibles dans chaque situation de freinage, la composition des matériaux des plaquettes de frein doit être telle qu'elle soit adaptée à chaque système de freinage individuel.

La plaquette de frein dispose d'une structure de type sandwich.

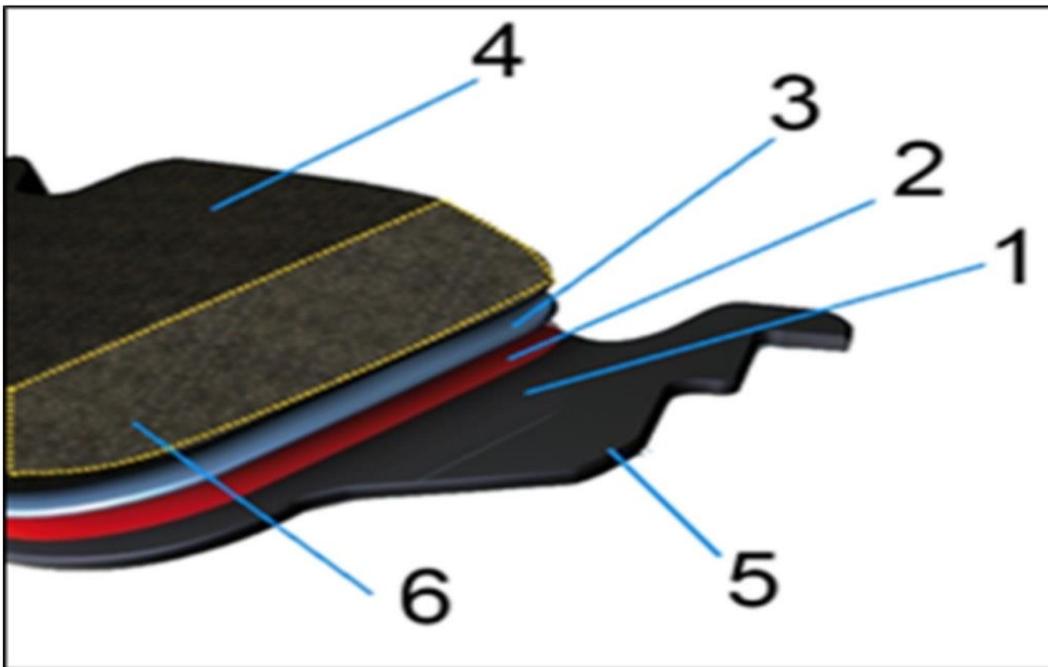


Figure II.2: Composition d'une plaquette de frein à disque.

Légendes:

1. Plaquette de soutien
2. Colle
3. Couche intermédiaire
4. Matériel de friction
5. Revêtement poudre
6. Élément d'optimisation additionnelle

L'élément fondamental de la plaquette de frein est caractérisé par une plaquette de soutien en acier dotée d'un revêtement en poudre. La plaquette de soutien est adaptée individuellement à chaque système de freinage pour satisfaire aux exigences en termes de qualité, de dureté et de tolérance.

Sa fonction est de dissiper la température et de positionner parfaitement la plaquette dans l'étrier. Le revêtement par poudre procure à la plaquette de soutien une protection fiable contre la corrosion. Une couche de colle est appliquée sur cette plaquette de soutien. Des colles spécialement développées relient durablement la masse de la plaquette de frein à la plaquette de soutien et assurent une résistance élevée au cisaillement. Au-dessus se trouve la couche intermédiaire, également appelée sous-couche. Elle améliore la dureté, le comportement à la fissuration et les caractéristiques de confort de la plaquette de frein.

La dernière couche appliquée est le matériel de friction proprement dit. Le matériel de friction doit remplir des tâches extrêmement exigeantes et est par conséquent conçu de façon à être exactement adapté au domaine d'utilisation approprié. Ici, chaque fabricant utilise ses propres formules spécifiques, lesquelles demeurent naturellement secrètes. La plaquette de frein peut être équipée d'éléments d'optimisation additionnelle.

Ces éléments ont pour effet d'optimiser l'efficacité du freinage et le confort de conduite. Ceux-ci peuvent être, par exemple, un matériel de friction de forme biseauté ou encore des cales montées sur la plaquette de soutien agissant comme des amortisseurs.

II.5 Exigences posées à la plaquette de frein

Les exigences fonctionnelles posées à la plaquette de frein sur un véhicule se répartissent sur trois catégories, à savoir la sécurité, le confort et la rentabilité.

1. Sécurité

- Durée de vie élevée grâce à la résistance mécanique et à une résistance élevée aux températures (jusqu'à 800°C).
- Stabilité du coefficient de friction dans toutes les situations et conditions de freinage possibles.
- Insensible aux influences environnementales telles que l'eau ou les impuretés.
- Bonnes propriétés de rodage.

2. Confort

- Pas de formation de bruit ni de vibrations.
- Faible force d'appui sur la pédale de frein suffit.
- Pas de pollution de l'environnement par l'abrasion des éléments.

3. Rentabilité

- Faible usure de la plaquette de frottement et du disque de frein
- Faible poids
- Coûts de production économiques.

Une autre exigence, qui n'est pas moins importante, est celle qui est naturellement liée à la qualité d'une plaquette de frein. En raison du grand nombre de fabricants, l'Union Européenne (UE) a passé la législation suivante.

Au sein de l'UE, seules des plaquettes de frein qui sont conformes à la norme ECE R90 sont autorisées pour le montage sur un véhicule validé à cet effet.

Une inscription appropriée confirmant cette validation est apposée au dos de la plaque de la plaquette de frein.

II.6 Types des matières des plaquettes

Dans le secteur de l'automobile, la différence est faite entre les plaquettes semi-métalliques (proportion de métal > 50%) et les plaquettes organiques composées de fibres (proportion de métal < 25%).

Plusieurs centaines de différentes matières premières peuvent entrer dans la fabrication du matériel de friction.

Ces matières premières peuvent être catégorisées comme suit :

- Métal
- Fibres et matières de bourrage
- Lubrifiants solides
- Liants

De nos jours, les conducteurs ont généralement le choix entre trois types de plaquettes de frein : plaquettes de frein en céramique, semi-métalliques ou organiques. Ce ne fut pas toujours le cas. La première utilisation des plaquettes de frein remonte au 19e siècle. Le crédit revient à Bertha Benz – célèbre inventrice et épouse du fondateur de Mercedes-Benz, Karl Benz – pour avoir créé les premières plaquettes de frein en cuir pour un premier brevet de leur automobile en 1888.

Depuis lors, les matériaux utilisés pour fabriquer les plaquettes de frein ont évolué avec les progrès de la technologie. Ce n'est qu'au milieu et à la fin du 20e siècle, alors que les freins à tambour étaient de plus en plus remplacés par des freins à disque modernes, que les fabricants ont commencé à produire les plaquettes de frein céramiques, métalliques et organiques utilisées aujourd'hui.

II.6.1 plaquettes de frein organiques

Les plaquettes des freins à disque étaient initialement fabriquées en amiante, un matériau absorbant la chaleur et bien adapté à l'usure des plaquettes de frein. Cependant, on a découvert que l'amiante était un agent cancérigène très puissant, provoquant le cancer chez les personnes exposées de manière prolongée. Lorsque ces plaquettes de frein à base d'amiante étaient usées, elles libéraient dans l'air de l'amiante que les conducteurs pouvaient inhaler sans le savoir. Les fabricants ont réalisé que l'amiante n'était pas un composé sûr à utiliser dans les systèmes de freinage. C'est pourquoi les plaquettes de frein organiques - ou plaquettes de frein organiques sans amiante (OSA) – ont été créées pour combler cette lacune.

Les plaquettes de frein organiques, qui équipent de série environ 67 % des nouveaux véhicules vendus aux États-Unis, sont constituées d'un mélange de fibres et de matériaux tels que le caoutchouc, les composés de carbone, le verre ou la fibre de verre, et le KevlarMD, et sont liées entre elles par de la résine. Elles ont tendance à produire moins de poussière que d'autres types de plaquettes de frein, comme les plaquettes métalliques, et sont disponibles à un prix inférieur.

Contrairement aux plaquettes de frein haute performance, qui sont principalement utilisées dans les véhicules lourds et à hautes performances, les plaquettes de frein organiques génèrent une quantité modérée de friction sans qu'il y ait beaucoup de chaleur, ce qui les rend appropriées pour les conducteurs qui utilisent leur voiture pour la conduite et les déplacements quotidiens. Les plaquettes de frein organiques ont également tendance à être silencieuses et à ne pas exercer de contrainte sur les rotors de frein, ce qui est un avantage, car les rotors de frein sont souvent coûteux à réparer ou à remplacer s'ils sont endommagés.

Cependant, les plaquettes de frein organiques présentent quelques inconvénients par rapport aux autres types de plaquettes de frein. Les plaquettes de frein organiques ont tendance à s'user plus rapidement en raison de leur nature composite, ce qui signifie qu'elles doivent être remplacées plus souvent. Elles ont également tendance à mieux fonctionner dans une plage de températures plus restreinte. Elles ne sont pas aussi performantes que les plaquettes semi-métalliques dans des conditions climatiques extrêmes ou lorsqu'elles sont poussées trop fort et surchauffent. Les plaquettes de frein organiques ont également un niveau de compressibilité plus élevé, ce qui signifie que le conducteur doit appuyer sur la pédale de frein avec plus de force pour les engager.



Figure II.3 : plaquette de frein organique

II.6.2 Plaquettes de frein en céramique

Les plaquettes de frein en céramique sont fabriquées dans un matériau très similaire au type de céramique utilisé pour fabriquer des poteries et des assiettes. En revanche, le matériau des plaquettes de frein en céramique est plus dense et beaucoup plus durable. Les plaquettes de frein en céramique contiennent également de fines fibres de cuivre, qui contribuent à augmenter leur friction et leur conductivité thermique.

Depuis leur mise au point au milieu des années 80, les plaquettes de frein en céramique n'ont cessé de gagner en popularité pour un certain nombre de raisons :

- *Niveau de bruit*

Les plaquettes de frein en céramique sont très silencieuses, ne créant que peu ou pas de bruit supplémentaire lors du freinage.

- *Résidus à la suite de l'usure*

Par rapport aux plaquettes de frein organiques, les plaquettes de frein en céramique ont tendance à produire moins de poussière et d'autres particules lorsqu'elles s'usent.

- *Température et conditions de conduite*

Par rapport aux plaquettes de frein organiques, les plaquettes de frein en céramique peuvent être plus fiables dans une plus large gamme de températures et de conditions de conduite.



Figure II.4 : Plaquette de frein en céramique

Pourtant, les plaquettes de frein en céramique ont quelques limites. Principalement, leur coût : en raison des coûts de fabrication plus élevés, les plaquettes de frein en céramique ont tendance à être les plus chères de tous les types de plaquettes de frein. En outre, comme la céramique et le cuivre ne peuvent pas absorber autant de chaleur que d'autres types de matériaux, une plus grande partie de la chaleur générée par le freinage passera par les plaquettes de frein et dans le reste du système de freinage. Cela peut entraîner une usure plus importante des autres composants du système de freinage. Enfin, les plaquettes de frein en céramique ne sont pas considérées comme le meilleur choix pour les conditions de conduite extrêmes. Si vous êtes confronté à un temps très froid ou à une course à venir et que vous devez choisir entre des plaquettes de frein en céramique et des plaquettes semi-métalliques, il est préférable d'opter pour les plaquettes métalliques.

II.6.3 Plaquettes de frein semi-métalliques

Le dernier type de plaquette de frein est la plaquette semi-métallique. Les plaquettes de frein semi-métalliques sont différentes des plaquettes de frein entièrement métalliques, car elles utilisent des charges pour créer le composé de la plaquette au lieu d'utiliser uniquement du métal. Les plaquettes de frein entièrement métalliques sont généralement réservées aux besoins de freinage vraiment extrêmes.

Les plaquettes de frein semi-métalliques contiennent entre 30 % et 70 % de métal, notamment du cuivre, du fer, de l'acier et d'autres alliages composites. Ces différents métaux sont associés à un lubrifiant en graphite et à d'autres charges pour compléter la plaquette de frein. Les composés de plaquettes de frein métalliques disponibles varient, chaque type offrant ses propres avantages pour tout, des trajets quotidiens aux courses sur circuit.

Pour de nombreux conducteurs, notamment ceux qui apprécient les performances élevées, le choix entre les plaquettes de frein en céramique et les plaquettes semi-métalliques est facile. Les conducteurs soucieux de leurs performances ont tendance à préférer les plaquettes de frein métalliques, car elles offrent de meilleures performances de freinage pour une gamme beaucoup plus étendue de températures et de conditions. Le métal étant un très bon conducteur de chaleur, les plaquettes de frein métalliques ont tendance à résister à une plus grande chaleur tout en aidant les systèmes de freinage à se refroidir plus rapidement. Elles ne se compriment pas non plus autant que les freins organiques, ce qui signifie qu'il faut exercer moins de pression sur la pédale de frein pour affecter la capacité de freinage.

Toutefois, les plaquettes de frein métalliques présentent certains inconvénients par rapport aux plaquettes céramiques et organiques. Les plaquettes de frein métalliques ont tendance à être plus bruyantes que leurs homologues en céramique ou organiques, ce qui se traduit par une conduite plus bruyante. Les plaquettes métalliques exercent également une contrainte plus importante sur le système de freinage, ce qui accroît la tension et l'usure des rotors de frein. En ce qui concerne le prix, les plaquettes de frein métalliques se situent généralement entre les plaquettes organiques et les plaquettes en céramique. Elles ont également tendance à produire plus de poussière de frein que les deux autres variétés.



Figure II.5 : Plaquette de frein semi-métallique.

II.7 Procédé de fabrication de la plaquette

La fabrication de la plaquette s'effectue sur 2 lignes parallèles :

- Sur la matière première
- Sur le support métallique

La précision du processus technologique nous permet d'ajuster l'épaisseur du matériau de friction à des centièmes de millimètre, et le contrôle des facteurs du processus de fabrication tels que la pression de pressage, la température de cuisson.

Chapitre II : Généralités sur les plaquettes de freins

Une plaquette de frein est composée de deux éléments : le socle en tôle d'acier et le matériau de friction qui comme son nom l'indique, entre en friction avec le disque de frein.

Pour les matériaux de friction, seuls les matériaux frittés peuvent répondre à l'ensemble des sollicitations d'une voiture: freinages puissants, échauffement, utilisation sous eau, poussière et boue, réactivité à froid.

Les plaquettes en matériaux frittés sont fabriquées à partir de poudres. Le produit de friction contient au moins dix constituants (cuivre, bronze, fer, céramiques, graphites...). Chacun de ces constituants à un rôle essentiel au cours du frottement de la plaquette sur le disque (confort, bruit, performance).

Une fois mélangés, ces constituants forment le mélange de friction. Ce mélange est ensuite comprimé dans un outil qui lui donne sa forme finale.

La pièce obtenue est ensuite positionnée sur son support métallique cuivré puis introduite dans un four à 900°C. C'est le processus du frittage: un constituant du produit fond, consolide le matériau et le brase sur son support

La composition des garnitures comporte :

- un liant, mélange de résines thermodurcissables, caoutchoucs, etc., fondant à 100-200 °C pour permettre la mise en forme du produit et se polymérisant par maintien en température. On utilise aussi des liants minéraux, entre autres des phosphates.
- des fibres de renforcement. L'amiante, interdite est remplacée par des fibres de substitution, synthétiques (polyamides, Kevlar), métalliques (acier essentiellement), naturelles (sisal, coton), minérales (verre, carbone, céramique, bore, silice) ...
- des charges permettant de modifier les caractéristiques mécaniques, le coefficient de frottement, l'usure, etc. On utilise couramment la silice, le barite, le talc, les poudres métalliques ainsi que le graphite qui, par ses propriétés lubrifiantes, permet de diminuer l'usure.

❖ Description des opérations

- La préparation de la matière passe par les phases de pesage, de mélange et de remélange.
- D'un autre côté, le support métallique est nettoyé et grenailé, puis une colle est posée sur une de ses faces.
- La matière première et le support métallique sont ensuite assemblés dans un moule chauffant à 160 °C, puis pressés.

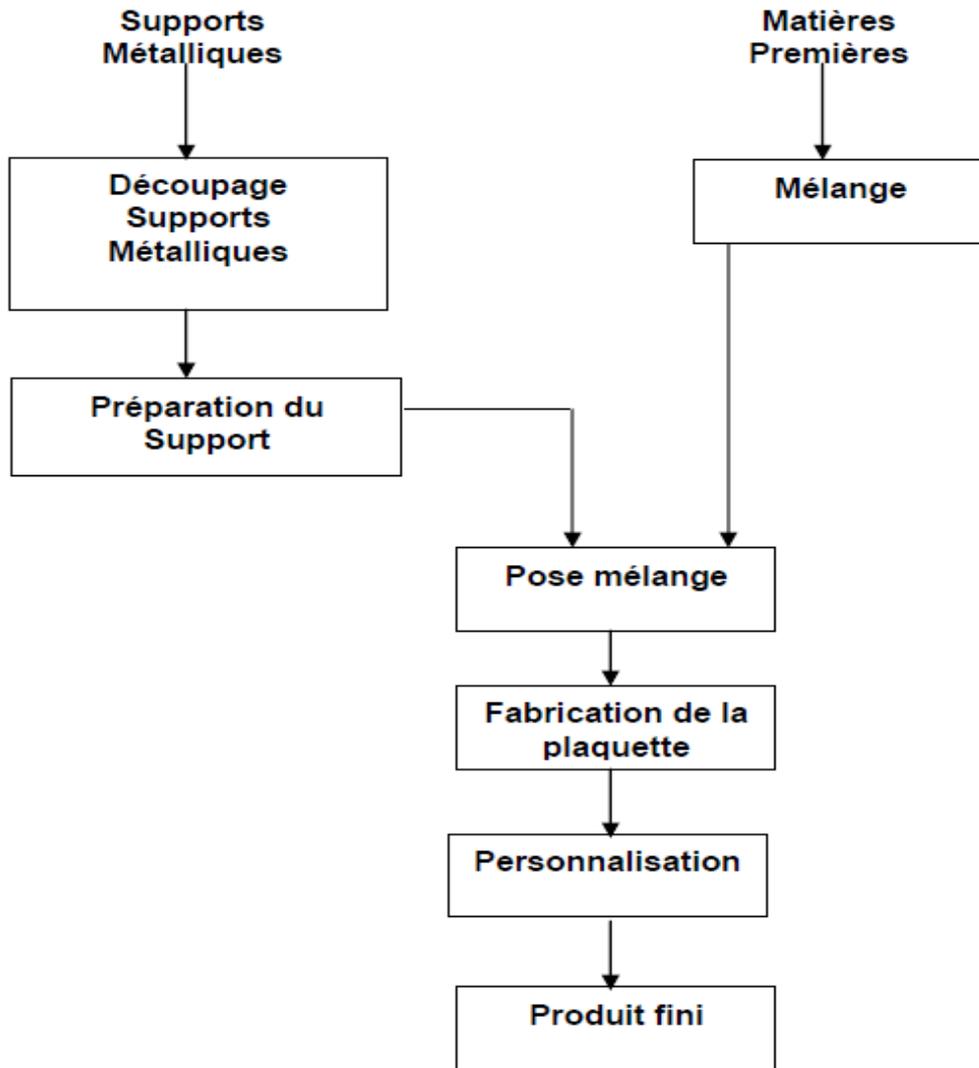


Figure II.6 : Étapes de procédé de fabrication d'une plaquette de frein.

II.8 Conclusion

Les plaquettes de frein sont des éléments du système de freinage de votre véhicule. En effet, elles exercent des frictions sur les disques de frein lorsque vous appuyez sur la pédale de frein, ce qui permet de ralentir puis stopper la voiture. Il en existe plusieurs modèles sur le marché dont les plaquettes de frein métalliques, les plaquettes de frein céramiques.

Le choix entre les plaquettes de frein céramiques ou métalliques va dépendre de plusieurs éléments dont l'environnement de conduite, l'usage requis, le budget, etc.

Chapitre III :

Fabrication d'une plaquette de frein

III.1 Introduction

Vue l'importance de marche automobile en Algérie qui ne cesse pas de s'augmenté et le besoin accru en pièce de rechange de tous type confondu en générale et en plaquette de frein en particulier.

Pour cela nous avons choisi le créneau de production des plaquettes de frein afin de participer à la satisfaction de marché nationale.

Nous envisageons l'exportation vers les payes voisines même européennes chose qui participera au même temps pour garde la devise nationale et de faire bénéficier la trésorerie algérienne avec de la devise étranger, or pour des objectifs a long terme et suivant toujours notre stratégie de développement et les orientations de gouvernement, nous pensons a faire des extensions pour les plaquettes de frein d'autre types de véhicule autre les voitures léger, a l'exemple les camions lourds et les ferrodoo aussi, et surtout la fabrication des disques de frein.

III.2 Compostions des plaquettes de frein

Une plaquette de frein est composé de plusieurs éléments suivants:

Plaque d'appui (*support métallique*): est une pièce mécanique en tôle environ de 6 a 8 mm d'épaisseur, sur la quelle le piston de frein exerce la pression de freinage

Matière de friction: la partie la plus essentielle, celle qui rentre en contacte directe avec le disque tournant,

Accessoires: plaque en tôle mince

Témoin d'usure: indicateur d'usure de la matière de friction; mécanique au bien électronique.

III.3 Production des plaquettes de frein

L'importance de rôle des plaquettes de frein jouer dans le freinage et l'arrêt de véhicules, leurs impactes sur la sécurité des vies humaines et surtout la pluralité des éléments qui la constitue rend sa fabrication très complexe. D'ailleurs la production en série des ces pièces en question demande une technologie très élevé et une chaine de production de plusieurs machines dotés d'une technologie de pointe.

La production des plaquettes de frein nécessite un processus plus au moins compliqué. Une chaine a plusieurs machines complémentaire relier par un processus logique de la matière première jusqu'au produit fin livrée dans des boites bien emballées.

III.4 Equipements nécessaires pour la fabrication de la plaquette

Afin de bien construire une plaquette de frein en bonne condition, l'usine doit utiliser les équipements dont le tableau suivant résume la liste des équipements utilisés, on distingue :

Tableau III.1 : liste des équipements utilisés

Équipement	Nombre	Caractéristiques
Presses hydrauliques	2 4	400 tonnes à 2 étages 50 tonnes pour préformage
Presses mécaniques	1 2	150 t 50 tonnes
Guillotine	1	
Rectifieuses	1 1	A 2 têtes Petite
Etuves	2	
Grenailleuses	1	
Perceuses	2	
Mélangeurs	1	
Outillages	jeux	Moules à étages et compartiments pour 60 types de plaquettes + outils de découpage supports

III.4 Processus de production

Le processus de production des plaquettes de frein répond à une suite logique de tâches en passant par plusieurs machines l'une complète le travail de l'autre. En fait, passons par le mixage de la matière première selon la formule de production, le coupage de dos de plaquette, pesage de matière première, grenailage de support de plaquette, colle sur le support, presse la matière première sur le support, durcis la plaquette dans le four, puis dans la machine de chanfreinage-rainurage puis nettoyage, impression, rivetage et en dernière l'emballage.

III.4.1 Étapes de préparation

Pour la fabrication de la plaquette de frein, on la résume dans les points essentiels suivants :

- 1- choisir le modèle de plaquette de frein à produire,
- 2- déterminer la formule de mélange de la matière de friction à utiliser,
- 3- préparer la matière de friction dans des sacs,
- 4- préparer la tôle à utiliser pour les supports métalliques de la plaquette,

Dans cette étape on remarquera qu'il nous faut la manipulation de deux matières premières qui sont : matière de friction, matière de dos de plaquette, tôle en acier.

III.4.2 Opérations de fabrication de la plaquette

On peut décrire les opérations en trois sections selon la matière à traiter, on distingue :

- *section 1 : fabrication de dos de la plaquette*

Matière première principale N1

1. découpage laser

En première lieu, la plaque de tôle arrive de l'usine avec des taille standard généralement 3000/1500 mm, donc le découpeur laser fera la découpe du tôle pour produire le dos de plaquette de frein selon un schéma bien déterminé. Durant cette étape, nous procédons à la découpe laser entièrement automatique des plaques métalliques. Cette technologie numérique garantit la plus haute qualité et la reproduction des paramètres selon la programmation.



Figure III.1 : Machine de découpage laser



Figure III.2 : Plaquette découpée

2. Chanfreinage à main

Après avoir découpé la plaquette, une opération de chanfreinage par tronçonneuse est réalisée afin d'uniformiser l'extrémité de cette dernière pour qu'elle soit bien montée sur le piston de la véhicule.



Figure III.3 : Chenfreinage de la plaquette à main.



Figure III.4 : Plaquette Chenfreinée.

3. Poinçonnage

Pour les modèles des plaquettes dont les trous noirs sont nécessaire, on fera passer les plaques dans une poinçonneuse, puis dans des centres d'usinage numérique si nécessaire pour des meilleurs finitions.



Figure III.5 : Machine de poinçonnage avec les moules.

4. Sablage

L'opération vise à nettoyer mécaniquement les plaques d'appui de divers types de contaminants et à développer l'interface avec le matériau de friction. Chaque lot de production est inspecté à l'aide de tests complexes en laboratoire et contrôlé tout au long du processus de fabrication.

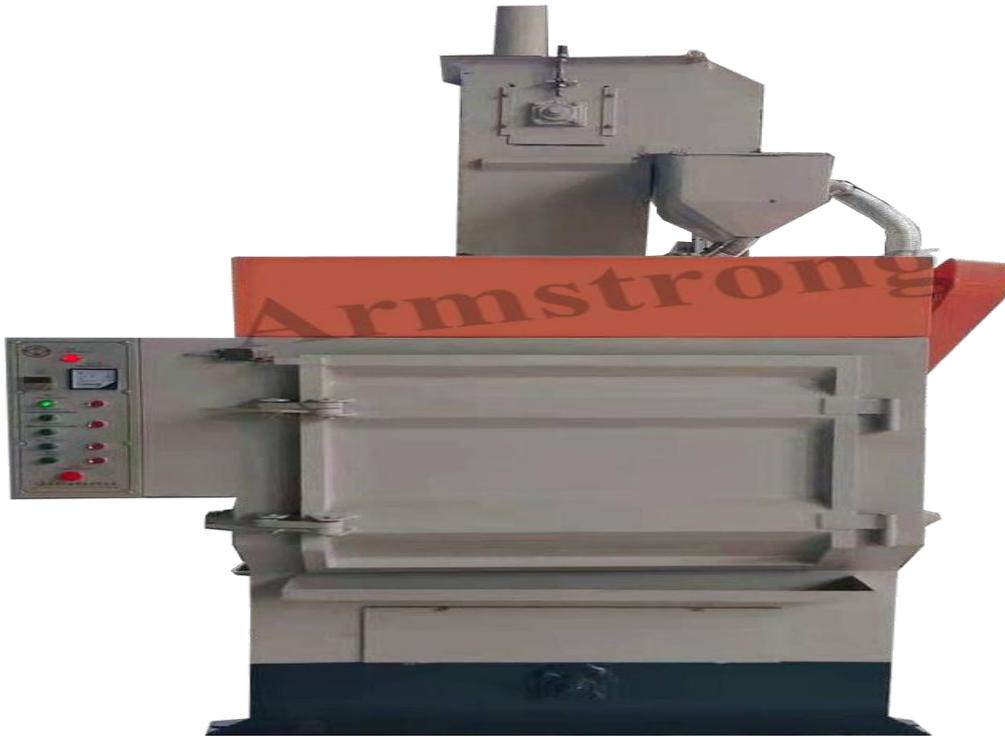


Figure III.6 : Machine de sablage



Figure III.7 : Plaquette après sablage.

5. Collage

Afin de combiner solidement la plaque de support et le matériau de friction et d'améliorer la force de cisaillement de la plaquette de frein ainsi d'enduire la surface de la plaquette de frein. Nous pouvons appliquer une couche de colle sur la plaque de support. Ce processus peut être réalisé par une machine de pulvérisation de colle automatique ou une machine de revêtement de colle semi-automatique afin d'éviter la rouille des matériaux en fer et d'obtenir un effet esthétique. La ligne de poudrage automatique peut pulvériser de la poudre sur les plaquettes de frein d'une chaîne de montage. En même temps, il est équipé d'un canal de chauffage et d'une zone de refroidissement pour garantir que la poudre est fermement fixée à chaque plaquette de frein après refroidissement.

A l'intérieur de cette machine, la colle sera pulvérisé uniformément sur la plaque d'acier de la plaquette de frein, la plaque arrière entrera dans la bande transporteuse chauffante, après chauffage, les plaques arrière entreront dans la section de refroidissement.



Figure III.8 : Préparation de la colle.



Figure III.9 : Pulvérisation de la colle sur les plaquettes

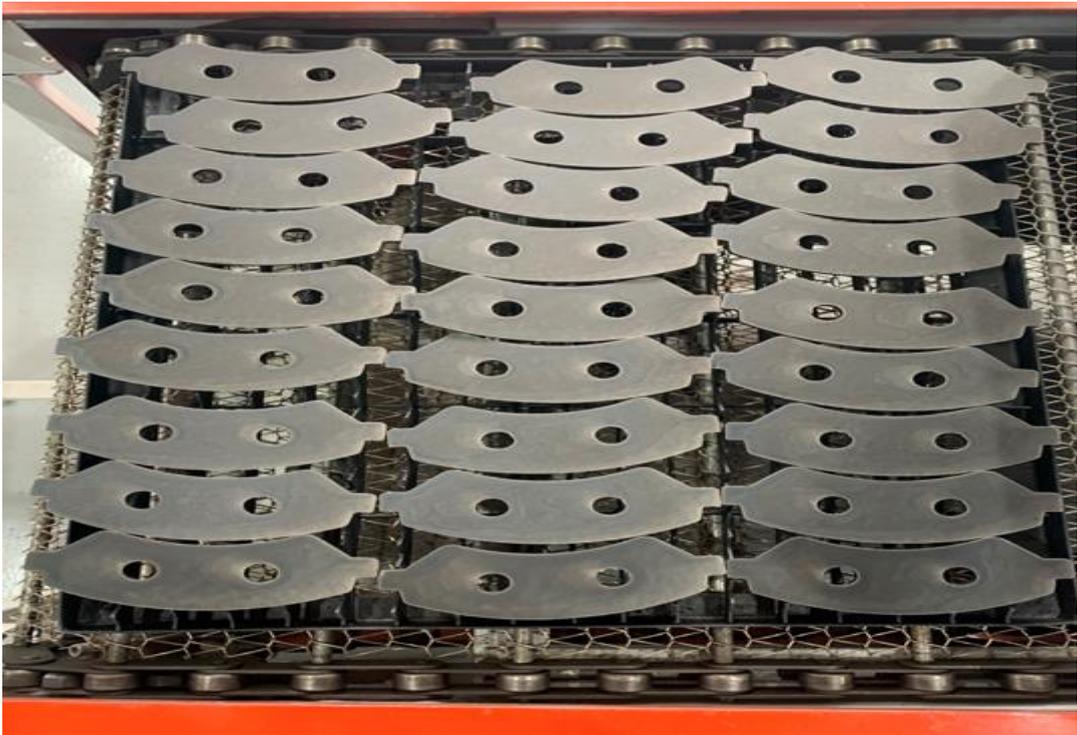


Figure III.10 : Plaquette après collage.

- ***section 2 : fabrication de la partie friction***

Matière première principale N2

6. mélangeur

La matière première de friction par la quelle la plaquette de frein sera fabriqué est arrivé dans des sacs de différentes poids et types en tant que poudre, seront versé dans le malaxeur après avoir dosée par des différentes quantités selon la formule déjà préparer, afin d'être bien malaxé avec une résine pour avoir un mélange de matière homogène.

Dans cette étape de mélange de matières premières : essentiellement, la plaquette de frein est composée de fibre d'acier, de laine minérale, de graphite, d'agent résistant à l'usure, de résine et d'autres substances chimiques. Le coefficient de frottement, l'indice de résistance à l'usure et la valeur de bruit sont ajustés par la répartition proportionnelle de ces matières premières. Tout d'abord, nous devons préparer une formule de processus de fabrication de plaquettes de frein. Selon les exigences du ratio de matières premières dans la formule, diverses matières premières sont introduites dans le mélangeur pour obtenir des matériaux de friction entièrement mélangés. La quantité de matériau requise pour chaque plaquette de frein est fixe. Afin de réduire le temps et le coût de la main-d'œuvre, nous utilisons une machine de pesage automatique pour peser le matériau de friction.



Figure III.11 : Mélangeur.



Figure III.12 : les types de matières de frictions utilisés : semi céramique, semi métallique, céramique, résine.

Le tableau suivant représente les pourcentages à respecter pour la préparation de la matière de friction.

Tableau III.2 : Fiche technique des matières premières

Numéro	Référence	formule	Résine (1069B)	Masse de matière (kg)	nom	Pourcentage de résine (%)
1	S098-1	A011	60	940	Semi-céramique	6
2	CK05G-3	A018	55	945	Semi-métallique	5.50
3	PC1508-B	A015	90	910	céramique	9



Figure III.13 : matière de friction mélangée.

7. Grammage

après avoir bien mélangé la matière premier, rentera dans la machine de mesure de poids pour préparer les quantités déterminé pour chaque plaquette dans des baquet a cuve grenailleuse.

Généralement les plaques d'acier après la découpe contient des impuretés et des graisse, pour les nettoyé en utilisera le système de grenailage dans une grenailleuse avec des grains de métal dans le but d'avoir une surface très propre prête a continue la chaine de fabrication



Figure III.14 : Machine de grammage.

NB: maintenant la poudre est pesée, la plaquette arrière est prête, alors il reste que leurs assemblage qu'on vira dans la 3eme section.

- ***Section 3 : assemblage des deux parties (section 1 avec section 2)***

Dans cette section on étudiera la chaîne de l'assemblage des deux parties étape par étape.

8. Pressage a chaud 400 T

Ici il s'agit d'une presse a chaud équipé avec des moules interchangeable selon le modèle de plaquette a fabriqué, donc, il suffit de mettre la plaque en acier en-dessous, la poudre en-dessus et pressé l'ensemble a une certaine pression demandé, ainsi on aura la plaquette de frein brute.

C'est l'étape de formage à la presse à chaud : après avoir terminé le traitement des matériaux de friction et des dos en acier, nous devons utiliser une presse à chaud pour les presser à haute température afin de les combiner plus étroitement. Le produit fini est appelé embryon brut de plaquette de frein. Différentes formulations nécessitent des temps de pressage et d'échappement différents.



Figure III.15 : la presse.



Figure III.16 : moules de pressage.



(a)



(b)



(c)



(d)

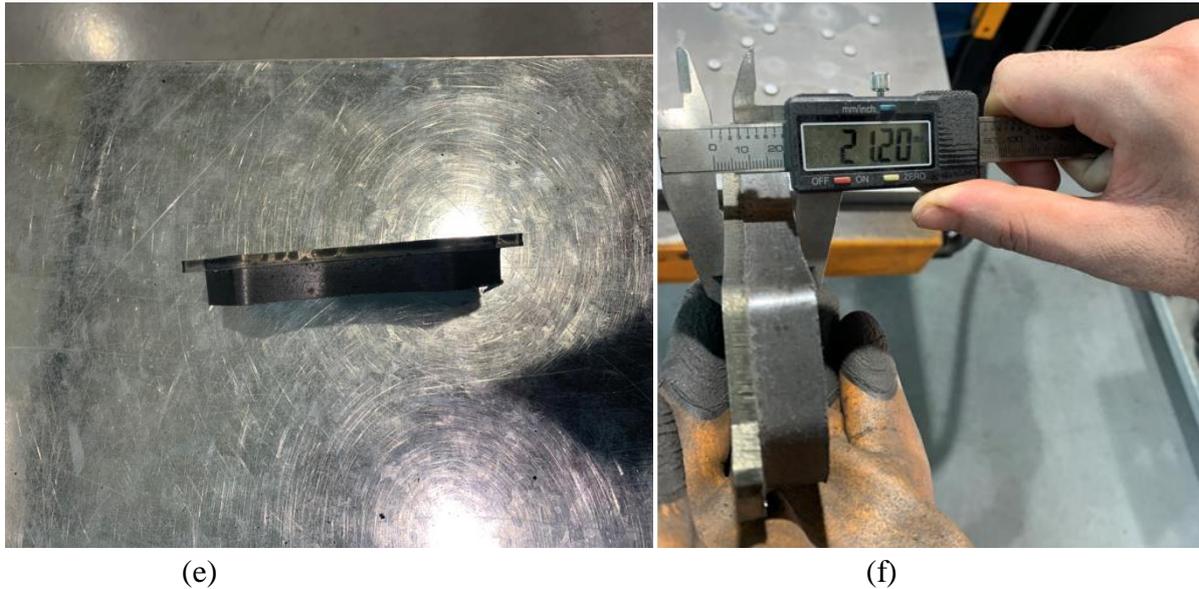


Figure III.17 : les étapes de pressage de la plaquette d'acier avec la matière de friction.

9. Four de cuisson

Dans cette étape de traitement thermique il s'agit de rendre le matériau de la plaquette de frein plus stable et plus résistant à la chaleur, donc ; il est nécessaire d'utiliser le four pour cuire la plaquette de frein. Nous plaçons la plaquette de frein dans un cadre spécifique, puis l'envoyons au four. Après avoir chauffé la plaquette de frein rugueuse pendant plus de 6 heures selon le processus de traitement thermique, nous pouvons la traiter davantage. Cette étape doit également faire référence aux exigences de traitement thermique dans la formule.



Figure III.18 : Four de cuisson.



Figure III.19 : Plaquettes traitées thermiquement.

Pendant cette opération, la relation entre le temps de cycle de fours et les différentes températures de traitement thermique est tellement importante dont la température maximale atteinte par le four soit de 200 °C. Le tableau suivant résume cette dépendance.

Tableau III.3 : Relation entre la température de fours et le temps de cycle.

	Durée de phase	de Temps	Temp.consigne
	[min]	[min]	[°C]
C1	0	0	30
C2	90	90	160
C3	90	180	160
C4	20	200	180
C5	90	290	180
C6	20	310	200
C7	180	490	200
C8	90	580	50
C9	30	610	50

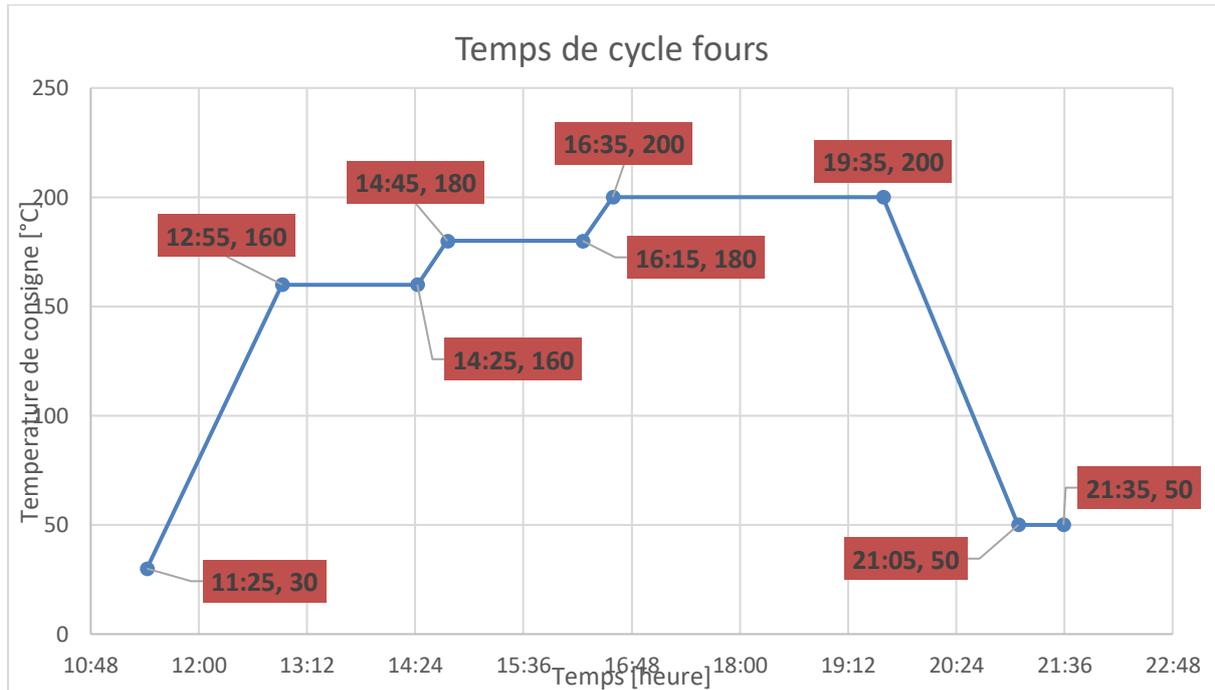


Figure III.20 : l'évolution de la température du four en fonction du temps.

10. Rectifieuse multifonction

La surface de la plaquette de frein après le traitement thermique présente encore de nombreuses bavures, elle doit donc être polie et coupée pour la rendre lisse. Dans le même temps, de nombreuses plaquettes de frein ont également le processus de rainurage et de chanfreinage, qui peut être complété dans la meuleuse multifonctionnelle.

Suite à l'échauffement, refroidissement, rectification... etc, certainement les plaques seront besoin d'un nettoyage secondaire pour passer à la peinture.



Figure III.21 : Rectifieuse.

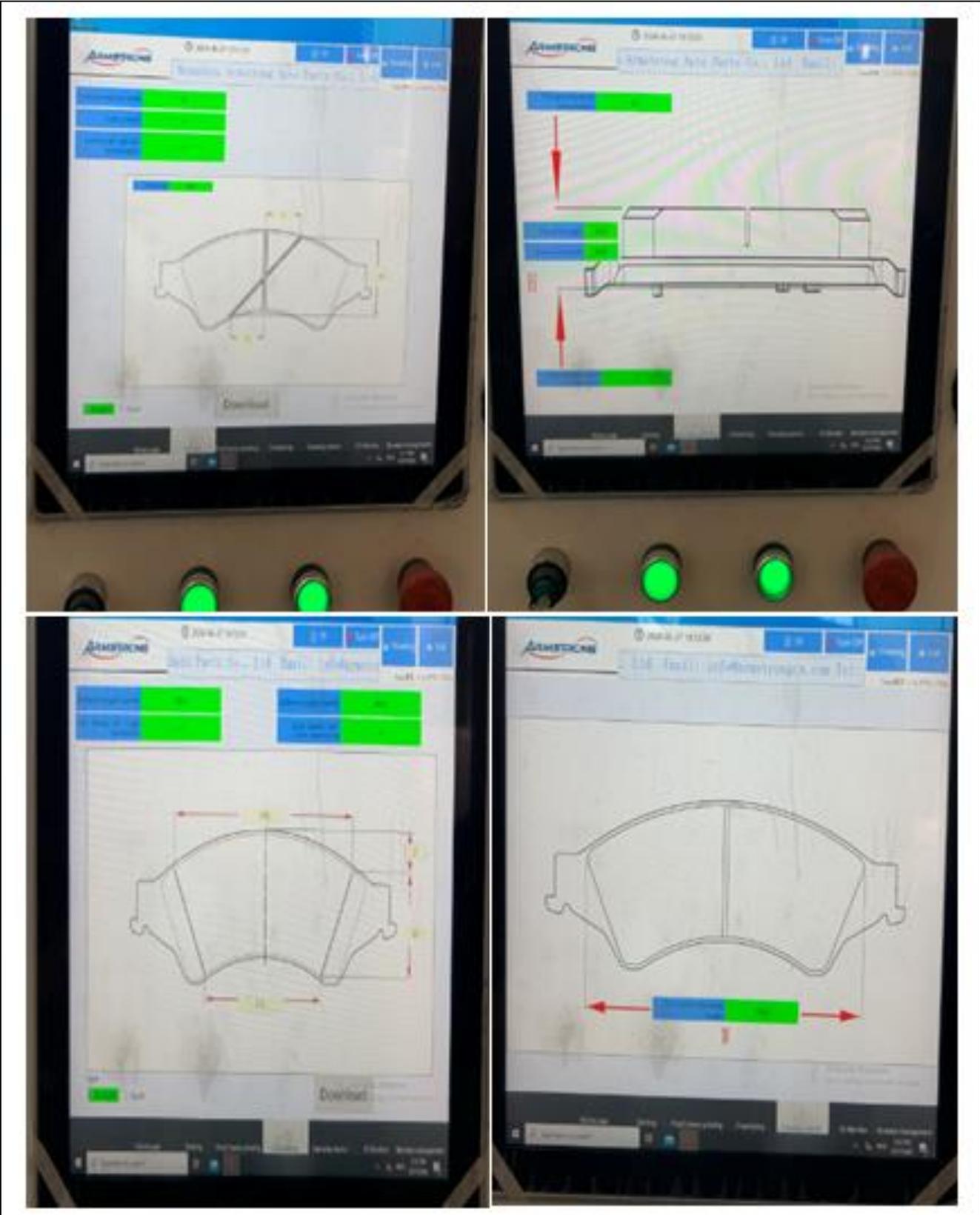


Figure III.22 : paramètres de la plaquette donnés à la rectifieuse.

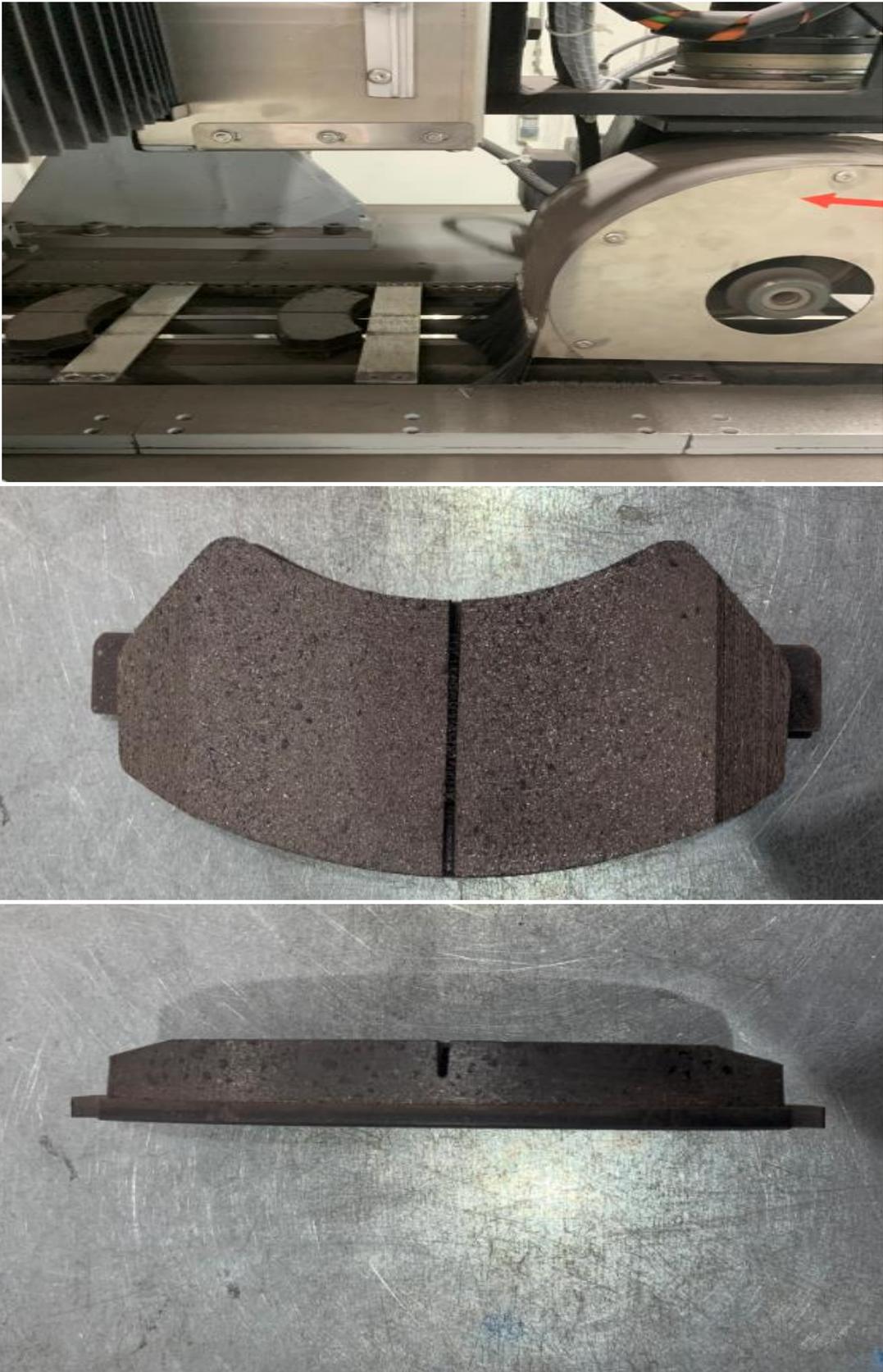


Figure III.23 : Plaquette rectifiée



Figure III.24 : Vérification des dimensions de la plaquette rectifiée.



Figure III.25 : Nettoyage secondaire de la plaquette.

11. Peinture de dos de la plaquette

Afin d'éviter la rouille des matériaux en fer et d'obtenir un effet esthétique, il est nécessaire d'enduire la surface de la plaquette de frein. La ligne de poudrage automatique peut pulvériser de la poudre sur les plaquettes de frein d'une chaîne de montage. En même temps, il est équipé d'un canal de chauffage et d'une zone de refroidissement pour garantir que la poudre est fermement fixée à chaque plaquette de frein après refroidissement. Dans cette étape, la machine mettra une couche de peinture sur le dos de la plaquette - coller la poudre de plastique sur la surface de la plaque arrière par fusion à haute température, nivellement, durcissement, refroidissement.



Figure III.26 : Machine de peinture.

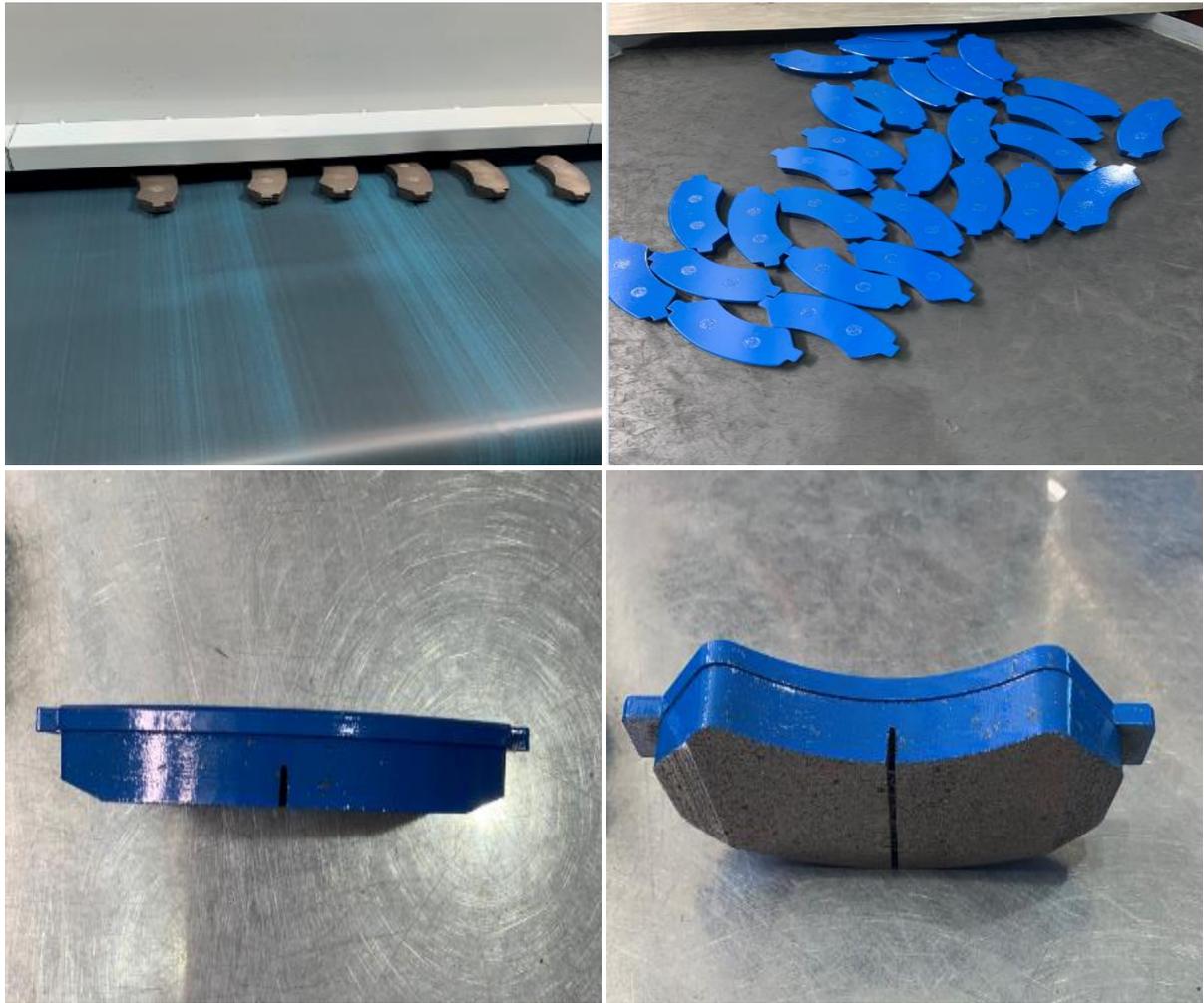


Figure III.27 : plaquettes peintes

12. Rivetage

Sur la plaquette de frein il existe des petits pièces a pour différente rôle: témoin d'usure, dispositif anti-bruit et plaque d'appui, certain entre aux nécessite un rivetage. En effet, Après la pulvérisation, la cale peut être ajoutée sur la plaquette de frein. Une riveteuse peut facilement résoudre le problème. Une riveteuse est équipée d'un opérateur qui peut riveter rapidement la cale sur la plaquette de frein.



Figure III.28 : Riveteuse.

13. Marquage

Afin que les plaquettes de frein aient des marques de modèle et des caractéristiques de marque plus évidentes, nous marquons généralement le modèle et le logo de la marque sur la plaque arrière avec une machine de marquage laser, et enfin utilisons une ligne d'emballage automatique pour emballer les produits.

Maintenant les plaquettes sont prêtes à être essayées par échantillon et emballées.

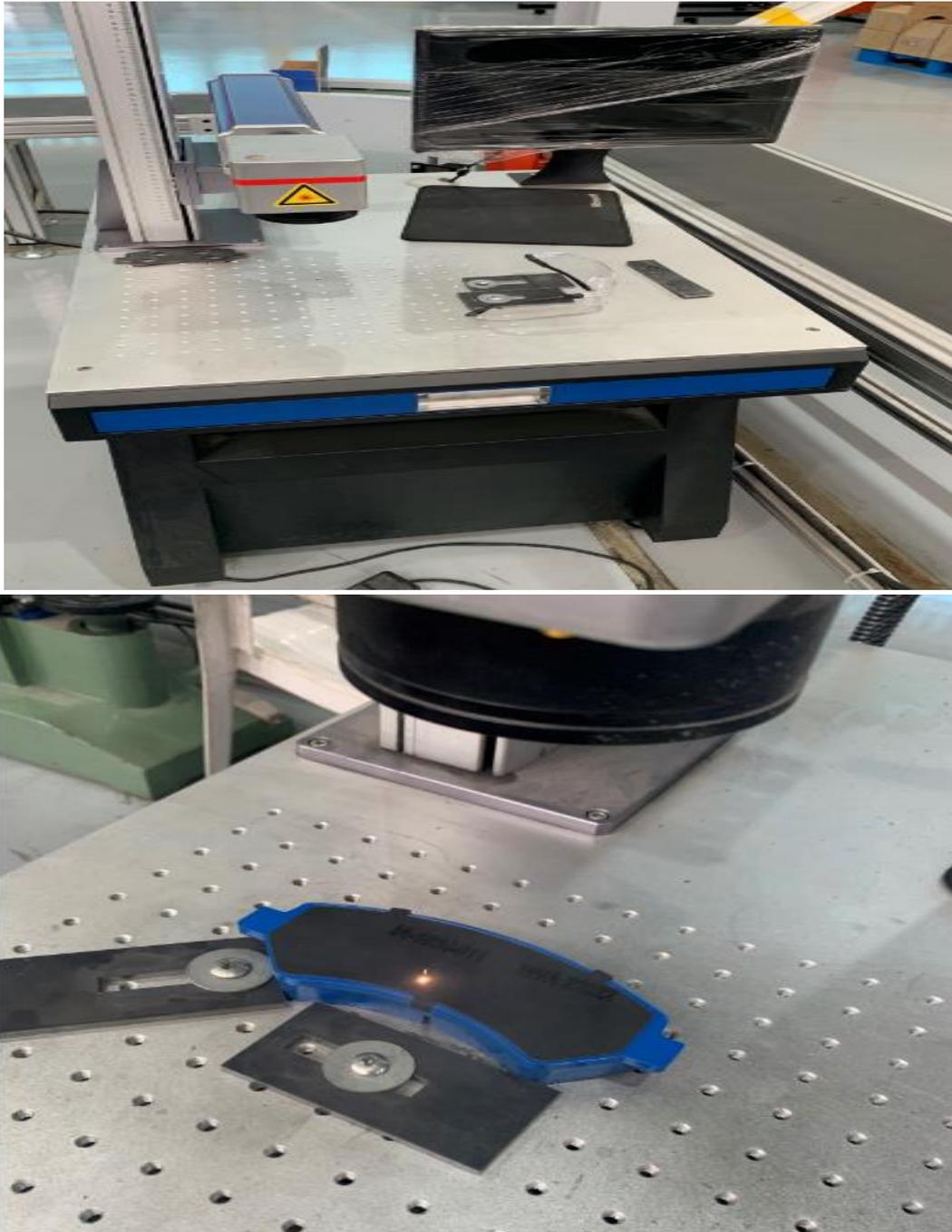


Figure III.29 : Imprimante pour marquage et référencement des plaquettes.



Figure III.30 : plaquette finie marquée et référenciée.

(Voir l'annexe qui détaille toutes les étapes de la fabrication avec la fiche technique de la plaquette)

III.5 Conclusion

La conception de plaquettes de frein premium et durables, assurant un freinage sûr et fiable exige beaucoup de soin et d'attention à des détails complexes. Une production interne ainsi qu'un contrôle de qualité et des tests produits minutieux sont indispensables pour garantir une qualité haut de gamme. Pour assurer une meilleure fabrication, des exigences doivent être respecté :

- Le mélange ou la recette du matériau de friction doit tenir compte de la taille, du poids et de la vitesse maximale du véhicule sur lequel il sera monté pour le freiner efficacement à toutes les vitesses.
- Des clips et des ressorts de qualité aident à maintenir la plaquette de frein dans l'étrier.
- Une fixation sécurisée entre la plaque arrière et le matériau de friction : la dernière chose que vous souhaitez est que le matériau de friction se détache de la plaque de frein !
- Caractéristiques antibruit des cales afin réduire au maximum les vibrations et le bruit.

Chapitre IV : Analyses mécaniques sur la plaquette

IV.1 Introduction

Après avoir terminé la série de processus mentionnés au chapitre précédent, la production de plaquettes de frein est terminée. Afin de garantir la qualité et les performances des plaquettes de frein, nous devons également les tester. Généralement, la force de cisaillement, les performances de dureté et d'autres indicateurs peuvent être testés par un équipement de test. Ce n'est qu'après avoir réussi le test que la plaquette de frein peut être considérée comme qualifiée.

IV.2 Teste de résistance au cisaillement

IV.2.1 Définition

La machine d'essai de résistance au cisaillement est utilisée pour mesurer et tester la force de liaison entre les matériaux de friction des plaquettes de frein et les pièces métalliques.

Il s'applique principalement à la plaquette de frein à disque (également assemblage de chaussures collées - élément sélectionné par l'utilisateur).



Figure IV.1 : Machine d'essai de résistance au cisaillement.

IV.2.2 Étapes de fonctionnement faciles

- A. Démarrer le logiciel
- B. Cliquez sur le bouton "Paramètres" pour définir les paramètres requis par le système
- C. Cliquez sur le bouton "Pompe à huile" pour démarrer la pompe hydraulique.
- D. Cliquez sur le bouton "START", entrez les paramètres et confirmez dans la fenêtre contextuelle (comme indiqué sur la figure), et le processus de coupe sera terminé automatiquement.

Interface logicielle simple

1. Zone de mesure du capteur : y compris la force de cisaillement en temps réel, la force de cisaillement maximale, la résistance au cisaillement et l'affichage du décalage

- A. Force de cisaillement : affichage en temps réel de la force de cisaillement mesurée
- B. Force de cisaillement maximale : pendant le test de cisaillement, extrayez la force de cisaillement maximale du test en cours.
- C. Pression de compression : la pression d'air du cylindre de compression (unité : MPa) pendant le test.
- D. Résistance au cisaillement : Lors de l'essai de cisaillement, la résistance au cisaillement est calculée en temps réel en fonction de la zone d'essai de l'éprouvette fournie.

E. Shift Display : Mesurez la position avant et arrière des ciseaux.

2. Zone d'indicateur d'état : y compris les indicateurs de position d'origine, de vitesse lente, de serrage, de réduction, d'avance et de recul.

- A. Indicateur de position d'origine : indication de la position d'origine du bras de cisaillement (à gauche)
- B. Indicateur de vitesse lente : Après le test, le bras de cisaillement se déplace rapidement vers la droite et commence à avancer lentement après avoir atteint le voyant indicateur de vitesse lente.
- C. Indicateur de serrage : Indication lorsque le cylindre de serrage s'étend.
- D. Indicateur de coupe : pendant le test, le bras de cisaillement se déplace vers l'extrême droite et, lorsque le voyant de coupe est allumé, il indique que la pièce à tester est coupée.

Chapitre IV : Analyses mécaniques sur la plaquette

E. Indicateur de marche avant : Le bras de cisaillement se déplace vers la droite.

F. Indicateur de recul : le bras de cisaillement se déplace vers la gauche.

G. Limite supérieure : Limite supérieure du cylindre de serrage.

H. Limite inférieure : Limite inférieure du cylindre de serrage.

3. Zone d'informations sur l'échantillon

A. Fichier : Nom du fichier des données enregistrées par l'échantillon de test actuel

B. Taille de l'échantillon : unité cm^2

C. Chemin de stockage : chemin de stockage du fichier de données

D. N° de fichier : lors du test d'échantillons du même lot, afin de gagner du temps, le système incrémente automatiquement le nom du fichier après l'ancien nom de fichier. Après chaque test, le nom du fichier augmente automatiquement de 1. Si vous modifiez le lot ou renommez, vous pouvez cliquer sur le numéro de série du fichier, effacer l'incrément et recommencer le comptage.

4. Zone de condition et d'alarme

A. Condition : affichage de l'état pendant le fonctionnement de l'équipement

B. Alarme : Affichage anormal pendant le fonctionnement de l'équipement (clignotant en cas d'alarme)

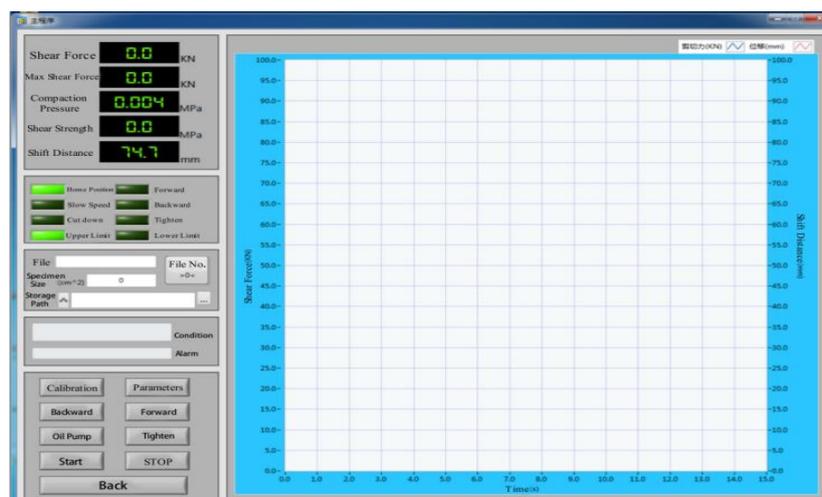


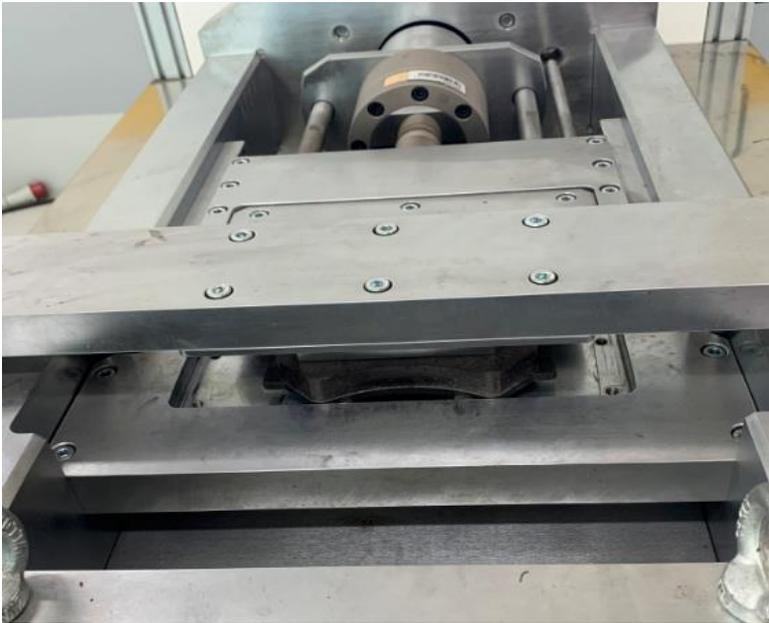
Figure IV.2 :tableau machine indique la zone de la condition.

Chapitre IV : Analyses mécaniques sur la plaquette

Les étapes de l'analyse de résistance de cisaillement sont représentées sur les figures ci-après :



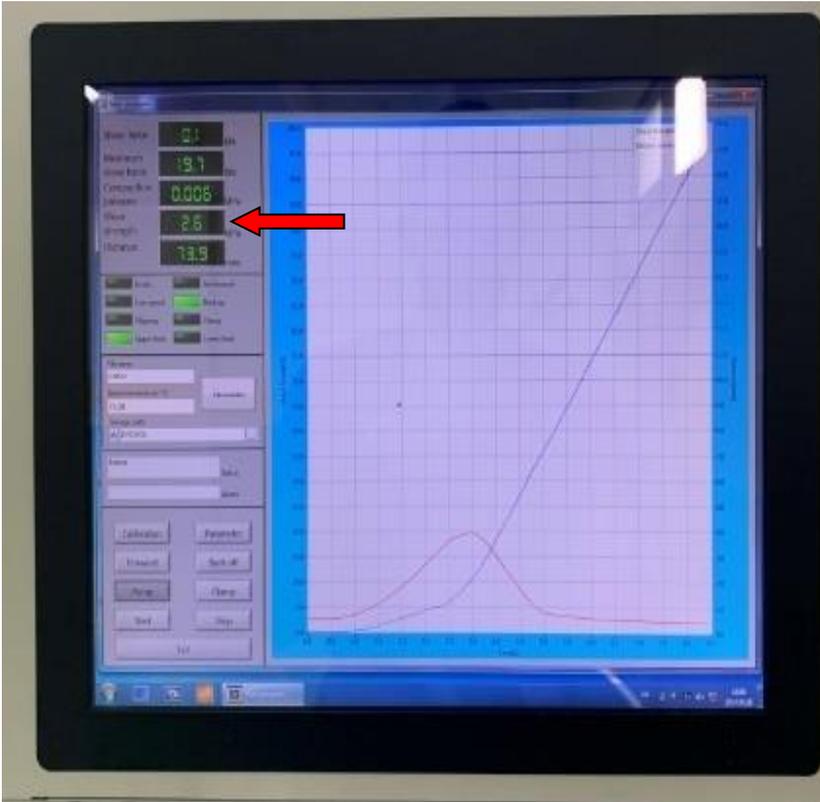
(a)



(b)



(c)



(d)

Figure IV.3 : étapes du teste de résistance de cisaillement

NB : pour la figure (IV.3 (d)) la valeur de la force de cisaille doit être comprise entre 2.5 et 3.5 MPa.

IV.3 Essai de la dureté

Le testeur de dureté XHR-150 Rockwell est un testeur de dureté spécial pour tester les matériaux non métalliques, tels que les plastiques, le caoutchouc dur, la résine synthétique, les matériaux de friction et les métaux plus tendres.

Il peut tester les matériaux suivants :

1. Testez les plastiques, les composites et divers matériaux de friction.
2. Testez la dureté des métaux mous et des matériaux mous non métallique.



Figure IV.4 : Testeur de dureté (avant et durant le teste).

NB : la valeur de dureté indiquée sur le testeur de dureté doit être comprise entre 35 et 65 pour un bon résultat ; le curseur pour notre plaquette est en 42, donc il est dans les normes.

Le tableau suivant représente la fiche technique du testeur de dureté :

Tableau IV.1 : fiche technique du testeur de dureté

Modèle	XHR-150
Plage d'essai	70-100HREW, 50-115HRLW ; 50-115HRMW, 50-115HRRW
Test de pression	588.4, 980.7, 1471N (60, 100, 150kgf)
Hauteur maximale de l'éprouvette	170mm
Distance entre le centre du pénétrateur et la paroi de la machine	130mm
Résolution de dureté	0,5 heure
Dimensions hors tout	466*238*630mm
Lester	65kg

- **Mode opératoire du teste de dureté**

1. Il adopte un test manuel mécanique, sans alimentation électrique, couvre une large gamme d'applications, un fonctionnement simple, et a une bonne économie et praticabilité.
2. Le fuselage est en fonte de haute qualité et coulé en même temps, combiné au processus de cuisson de la peinture automobile, avec une apparence ronde et belle.
3. Le cadran lit directement la valeur de dureté et peut être équipé d'autres échelles Rockwell.
4. La broche sans frottement est adoptée et la précision de la force de test est élevée.
5. Il adopte également le tampon hydraulique de précision de coulée intégré, qui n'a pas de fuite de tampon, le chargement et le déchargement sont tous deux stables. Pendant ce temps, cela n'a aucun impact et la vitesse est réglable.
6. La précision est conforme aux normes GB / T230.2-2018, ISO6508-2 et ASTM E18

IV.4 Conclusion

D'après les analyses mécaniques appliquées sur la plaquette fabriquée qui sont respectivement : l'essai de la résistance au cisaillement et le teste de dureté, on confirme que cette plaquette est fabriquée aux normes demandées, donc c'est qualifiée.

Conclusion générale

Conclusion générale

Conclusion générale

La fabrication d'une plaquette de frein représente un enjeu essentiel dans l'industrie automobile, influençant directement la sécurité, la performance et le confort des véhicules. Ce processus commence par la recherche et le développement, où des ingénieurs sélectionnent les matériaux appropriés en fonction de critères tels que la résistance à l'usure, la conductivité thermique et le niveau de bruit généré. Les matériaux utilisés, souvent des composites, doivent offrir un équilibre entre performance à haute température et durabilité.

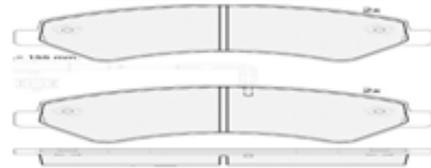
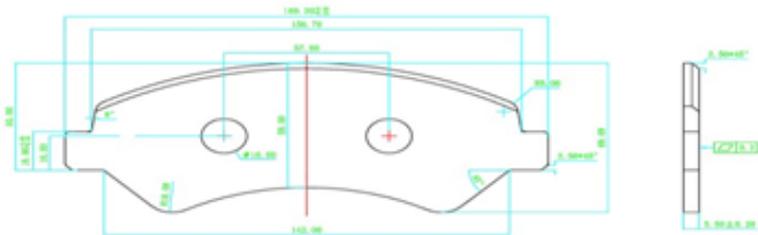
La fabrication, quant à elle, nécessite des procédés de haute précision pour assurer la qualité et la cohérence des produits. Cela inclut des étapes telles que le moulage, le traitement thermique et le contrôle de la qualité. Des tests rigoureux, tant en laboratoire que sur route, sont indispensables pour valider la performance des plaquettes, en mesurant des paramètres tels que la résistance au fading, le coefficient de friction et la durabilité.

Au sein de l'entreprise SARL IAASF, on a fabriqué une plaquette de frein type céramique et semi-métallique "IA-1034-011 WVA 22022" en suivant les étapes de fabrication normalisés commençons par la préparation de la matière première jusqu'à le marquage de la plaquette finale. D'après les résultats des dimensions de la plaquette fabriquée, on remarque que cette dernière répond au norme de fabrication, Selon les résultats des analyses au laboratoire qui sont respectivement le teste de résistance au cisaillement et la dureté. On déduit que la résistance de cisaillement de notre plaquette fabriqué est de 2.6 mPa qui est comprise entre 2.5 et 3.5 sachant que ces valeurs sont les intervalles de la norme de mesure; ainsi que pour la dureté qui est égale à 42 comprise entre 35 et 65, d'où, les analyses montrent que la plaquette est normalisés.

L'évolution des réglementations et des normes de sécurité impose également une attention particulière à la conformité des plaquettes de frein. Les fabricants doivent constamment innover pour répondre aux exigences environnementales et de sécurité, notamment en développant des matériaux moins polluants.

Finalement, la fabrication et l'analyse d'une plaquette de frein sont des processus complexes qui nécessitent une collaboration multidisciplinaire, intégrant l'ingénierie des matériaux, la mécanique et la chimie. Une approche rigoureuse et innovante dans ces domaines est essentielle pour garantir des produits fiables et performants, contribuant ainsi à la sécurité routière et à l'amélioration continue des systèmes de freinage. Les avancées technologiques futures promettent de renforcer encore davantage ces processus, tout en répondant aux besoins d'une industrie automobile en constante évolution.

Annexe

 FICHE TECHNIQUE		REF: FT DATE : PAGE : 1/1
Référence produit : IA-1034-11		
Type de matière : A011 SEMI-METALLIC		
Référence OEM : 6 823 010 5AA / 7 736 709 3		
WVA : 22022 24466		
		
DECOUPAGE LASER		
Epaisseur de la tôle (mm) :		5,5
Dimension tôle :		1250X2500
Quantité pièces :		264
POINCONNAGE		
Référence poinçon :		D1540
Nbre de poinçon :		non
CHANFREIN		
Dimension chanfrein 22022-0 22022-1		2,5mm 45°
OE: 6 823 010 5AA / 7 736 709 3 WVA: 22022/24466		
		
PRESSAGE		
Reference Press Thickness (mm)		21,2
Grind thickness mm (Tolérance: - 0.3mm)		20,55
Surface en mm²		7528,8
Nbre de cavités		12
Friction material weight (g)		239
Low pressure (MPa)		17,1
High pressure (MPa)		23
Press mode		Dégazer une fois à basse pression, durcir à haute pression
Degas times		4
Degas interval time (s)		25/10/10/10
Degas résidence time (s)		3 4
Curing time (s)		360
Température moule inférieur		145° à 150°
Température moule supérieur		145° à 150°
RECTIFICATION		
Grind thickness mm (Tolérance: - 0.3mm)		20,55
Rainure		OUI
Chanfrein		ENTRE AXE mm
ACCESSOIRE		
PAB(plaque anti bruit) SHIM 22022		4
Cable WIRE 22022		1
EMBALLAGE		
Carton kit		18109
Carton groupage		

Références bibliographique

- [1] SCHMITT. Emmanuelle, GAGNE .Wilfrid. " Etude sur le freinage automobile ". Préparation à l'agrégation de mécanique 2002-2003.
- [2] M. AUBLIN, R .BONCOMPAIN ,M .BOULATON,D.CARON,E.JEAY,B. LALAGE, J. REA : " Systèmes mécaniques – Théorie et dimensionnement " , 2 ème édition, Editions DUNOD, 2004
- [3] http://www.autotekno.com/frein_a_disque.php, consulté le: 18/06/2019
- [4] <retrotech.free.fr/technologie/freinage/06.pdf>, consulté le : 25/06/2019
- [5] <www.theses.fr/2016LYSEC006.pdf>, consulté le : 05/06/2019
- [6] step.ipgp.fr/images/2/27/L2S4_GdE_TTT_partB.pdf, consulté le : 21/06/2019
- [7] <www.tunisieindustrie.nat.tn/fr/download/fichesPro/IME/01.pdf>, consulté le : 10/06/2019
- [8] P. Dufrenoy, Etude du comportement mécanique des disques de frein vis avis des risques de défaillances, Thèse de doctorat, Université de Lille, France, 1995
- [9] A. Belhocine, thermomécanique des disques de frein Application du Code de Calcul ANSYS v11.0
- [10] Mechanical Metallurgy, G.E. Dieter, chap. 9, The Tension Test, p. 329-377, Internatl. Student Edition McGraw-Hill, 1976.
- [11] Mechanical Metallurgy, M.A. Meyers, K.K. Chawla, chap. 16, Tensile Testing, p. 559-599, Prentice-Hall, Englewood Cliffs, 1984.
- [12] J.P. Bailon, JU-M-Dorlot, Des Matériaux, presses internationales polytechniques ,2007.
- [13] Metals Handbook, A.S.M., 9th edition, vol. 8, Mechanical Testing, p. 19-51 : Tensile Testing, Tension Testing Machines, Extensometers.
- [14] « Metallography and practice », George F. Vander Voort
- [15] Belhadj A. ; Kaoua S-A. ; Azzaz M. ; Bartout J.D. ; Bienvenu Y. ; « Elaboration and characterization of mettalic foams based on tin-lead », Materials science and Engineering A ; 2008, Vol. 494, pp.425-428.
- [16] ERG (1998) Duocel aluminium foam. ERG Corporate Literature and reports, 29 september <<http://ergaerospace.com/lit.html>
- [17] Arnaud, D., et al. 2012. Propriétés du cuivre et de ses alliages. s.l. : Techniques de l'ingénieur, 2012.
- [18] T. Massalski (éditeur), Binary phase diagrams , ASM international, Materials Park, Ohio (1990)