



République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique



Université Amar Thelidji - Laghouat

FACULTE : Technologie

DEPARTEMENT : Génie- mécanique

MEMOIRE DE MASTER

Présenté par : BAGADI Nassireddine

DOMAINE : Science et Technologie

FILIERE : Génie Mécanique

Spécialité : Fabrication Mécanique et Productique

Thème

**Conception et réalisation d'un mécanisme
d'entraînement en rotation d'un cylindre
de roto-moulage**

Jury de soutenance :

Nom et Prénom	Qualité
Bensahal Djamel	Président
Abdessemed Khaled	Examineur 1
Benhorma Hadi Mohammed	Examineur 2
Rahmani Mohamed	Encadrant

Année universitaire : 2023- 2024

DEDICACE

Je dédie cette humble œuvre : à l'âme de mon père, que Dieu ait pitié de lui, et à ma chère et aimante mère qui a sacrifié son temps pour m'enseigner et m'aider jusqu'à ce jour, en espérant que ce sera une charité permanente pour eux. Et à mes frères et sœurs. Et les fleurs de mon jardin son ma chère fille et épouse. Et tous mes professeurs qui ont toujours été là pour moi. Et à mes amis avec qui j'ai partagé toutes les difficultés rencontrées pour mener à bien ce travail. Et enfin à tous mes amis, chacun par son nom.

BAGADI NASSIREDDINE

Remerciement

Nous remercions Dieu Tout-Puissant de nous avoir donné l'opportunité de faire ce travail. Nous pouvons commencer cette thèse sans nous arrêter pour exprimer nos sincères remerciements à notre superviseur M. Rahmani Muhammad qui nous a guidé. En effet, grâce à son aide continue et ses précieux conseils, ce manuscrit a pu voir le jour. Nous leur en serons toujours reconnaissants. Nous remercions également tous nos professeurs et ceux qui ont contribué à mon éducation. C'est pourquoi nous souhaitons exprimer nos sincères remerciements aux travailleurs de l'atelier mécanique de l'Université

Ammar Thalji.

Nomenclature

L	= Longueur / épaisseur	(M)
P	= La pression	(MPa)
F	= Force de montage	(N ; KN)
T	= Couple de serrage/torsion	(N.m)
σ^{\perp}	= Contrainte normale perpendiculaire	(MPa)
τ^{\perp}	= Contrainte tangentielle perpendiculaire	(MPa)
S	= Surface	(M ²)
A	= cordons circulaires	(M ²)

Liste des Figures

FIGURE I. 01 : CLASSIFICATION DES ARCHITECTURES MACROMOLECULAIRES. _____	6
FIGURE I. 02 : ETAPES DU PROCEDE DE ROTO-MOULAGE _____	10
FIGURE I. 03 : LES ETAPES DU PROCEDE D'INJECTION-MOULAGE DES THERMOPLASTIQUES. __	15
FIGURE I. 04 : SCHEMA D'UNE PRESSE A INJECTER. _____	17
FIGURE II.1 : PIECES DE LA MACHINE DEMONTEE. _____	21
FIGURE II.2 : PIECES DE LA MACHINE DEMONTEE LORS DU NETTOYAGE. _____	22
FIGURE II.3 : BRAS DE TORSION. _____	23
FIGURE II.4 : LE VIS ET LE PISTON. _____	24
FIGURE II.5 : SUPPORT ET PORTE-ROULEAU. _____	25
FIGURE II.6 : POSITION DU DEUXIEME ROULEAU. _____	26
FIGURE III.1 : POIGNEE DE BRAS DE TORSION. _____	28
FIGURE III.2 : PERÇAGE LE VIS. _____	29
FIGURE III.3 : PERÇAGE, LAMAGE ET FILTRAGE. _____	29
FIGURE III.4 : FIXATION DE LA VIS ET LE PISTON PAR GOUPILLE. _____	30
FIGURE III.5 : LE PREMIERE DE SUPPORT. _____	31
FIGURE III.6 : LE DEUXIEME SUPPORT. _____	31
FIGURE III.7: PIECE BRUTE. _____	32
FIGURE III. 8 : PIECE USUNI. _____	32
FIGURE III.9 : DESSIN TECHNIQUE DE LA PREMIERE PIECE USINE. _____	33
FIGURE III. 10 : BRIDE PLAIN. _____	34
FIGURE III. 11 : BRIDE PLAIN USINI. _____	34
FIGURE III.12: DESSIN TECHNIQUE DE LA DEUXIEME PIECE USINE. _____	35
FIGURE III.13 : ASSOMBLAGE POUR LES DEUX PIECE _____	36
FIGURE III.14 : QUATRE ECROUS SOUDER DAN LA BRIDE. _____	37
FIGURE III.13 : NOUVELLE CONCEPTIONNE DE LA MACHINE. _____	38
FIGURE IV.1 : CORDON DE SOUDURE. _____	41
FIGURE IV.2 : CONTRAINTES DANS LE CORDON. _____	43

Liste des Tableaux

TABLEAU I. 01 : LES PRINCIPAUX THERMOPLASTIQUES UTILISES EN PLASTURGIE. _____	7
TABLEAU IV. 01 : COEFFICIENT DE BW ET GMW _____	45

Sommaire

CHAPITRE I	3
INTRODUCTION	4
I.1 LES POLYMERES	4
I.1.1 Définition	4
I.1.2 Propriétés des polymères	4
I.2. DIFFERENTES CLASSES DE POLYMERES	5
I.2.1 Classification selon l'origine	5
I.2.2 Classification selon l'architecture	5
I.3 LES GRANDS TYPES DE POLYMERES	6
I.3.1 Les thermoplastiques	6
I.3.2 Polymères thermodurcissables	7
I.3.3 Les élastomères	8
I.4 TYPES D'ELASTOMERES THERMOPLASTIQUES (TPE)	8
II.1 DEFINITION	9
II.2 PRINCIPALES ETAPES DU ROTO-MOULAGE	9
II.3 LES 3 ETAPES POST-ROTO-MOULAGE	11
II.4 LES AVANTAGES ET INCONVENIENTS DU ROTO-MOULAGE	12
III.1 LE PROCEDE D'INJECTION PLASTIQUE	13
III.1.1 Principe	13
III.1.2 Moulage par injection	13
III.2 LES ETAPES DU PROCEDE	14
III.3 LES MACHINES UTILISEES EN INJECTION THERMOPLASTIQUE	16
III.4 DIFFERENTS TYPES DES PRESSES D'INJECTION PLASTIQUE	16
III.5 FONCTIONNEMENT D'UNE PRESSE A INJECTER	17
CONCLUSION	18
CHAPITRE II	19
INTRODUCTION	20
1. PHASE DE DEMONTAGE DE MACHINE D'INJECTION	21
2. PHASE DE NETTOYAGE	22
3. PHASE D'INSPECTION VISUELLE	23

3.1. Défaut de conception de bras de torsion	23
3.2 Défaut d'assemblage de la vis de transmission au piston	24
3.3. Défaut de conception dans les deux supports baril roto-moulage	25
3.4. Une erreur dans la conception de l'emplacement du porte-rouleau	26
CONCLUSION	26
CHAPITRE III	27
INTRODUCTION	28
1. CORRECTION DE DEFAUT DE CONCEPTION DE BRAS DE TORSION	28
2. CORRECTION DE CONCEPTION DANS LES DEUX SUPPORTS BARIL ROTO-MOULAGE	31
3. FABRIQUER UN SUPPORT ROULANT	32
4. PORTE-CYLINDRE FABRIQUE	34
5. L'ASSEMBLAGE DES DEUX PIECES USINEES	36
6. SOUDAGE DE QUATRE ECROUS DANS LA BRIDE USINE	37
7. CONCEPTION ET REALISATION DE MACHINE ROTO-MOULAGE	38
CONCLUSION	39
CHAPITRE IV	40
INTRODUCTION	41
- CALCULE DES SOUDURES EN STATIQUE ET LES ASSEMBLAGES BOULONNES	41
1. Modification de la valeur de gorge (procédés automatisés)	41
2. Section efficace du cordon	42
3. Contraintes dans le cordon	43
4. Cas des aciers doux ($f_u < 500$ MPa) Calcul Eurocode (3)	44
5. Cas des aciers doux ($f_u < 500$ MPa)	45
-RESULTAT	46
CONCLUSION	46
CONCLUSION GENERALE	47

Introduction générale

Le terme plastique est dérivé de deux mots grecs « plasticos » et « plastos » qui signifient « rester moulé ». Fait référence à la malléabilité et à la plasticité du matériau lors de sa fabrication, lui permettant d'être compressé ou moulé sous diverses formes.

Le plastique est durable et léger, ce qui en fait un matériau utilisable avancé.

En 2020, la production mondiale du plastique était estimée à 367 millions de tonnes.

En 2021, le marché mondial du plastique était évalué à 593 milliards de dollars américains, la valeur du marché mondial du plastique a augmenté pour atteindre près de 609 milliards de dollars américains en 2022, et le marché du plastique devrait croître dans les années à venir pour atteindre une valeur de plus de 810 milliards de dollars américains d'ici 2030, où il devrait croître à un taux de croissance annuel composé de 4 % au cours de la période 2023 à 2030.

Équipement de machine de moulage par injection :

C'est un moule couramment utilisé dans la fabrication de pièces thermoplastiques.

Le plastique est chauffé et fondu dans le baril chauffant au bas de la machine de moulage par injection, puis il est poussé par la vis ou le piston de la machine de moulage par injection et pénètre dans la cavité du moule par la buse de la machine de moulage par injection et le système de coulée du moule, le plastique est refroidi et renforcé pour le façonnage, et le produit est retiré du moule. Les produits en plastique fabriqués par le processus de moulage par injection sont très larges, allant des nécessités quotidiennes à divers appareils électriques complexes, en passant par les pièces automobiles, etc., sont formés par moulage par injection. Il s'agit de la méthode de transformation la plus courante dans la production de produits en plastique. [1]

Problématique

Une continuation des projets précédents dans l'industrie des machines de 2019 à 2023, (conception et réalisation d'un moule pour la fabrication d'éprouvettes polymérique destinée aux tests mécanique ; Reconception et réalisation des éléments internes d'une machine locale de moulages de polymères...) nous avons constaté quelques lacunes que nous souhaitons corriger avec ce projet intitulé «conception et réalisation d'un mécanisme d'entraînement en rotation d'un cylindre de roto-moulage. ». Nous nous interrogeons sur le problème suivant :

Comment créer un mouvement de rotation du moule et du cylindre d'injection en même temps ?

Notre travail de recherche s'organise autour de deux parties théorique et pratique. Dans la première partie, nous aborderons les concepts clés :

le plastique, le roto-moulage, l'injection plastique, concernant la partie pratique, elle propose des titres principaux : Phase de démontage de machine d'injection, Phase de nettoyage, Phase d'inspection visuel.

Notre but est de découvrir certaines erreurs dans les projets précédents et d'essayer de les corriger afin de fabriquer correctement la machine.

Pour répondre à ce problème, nous émettons les hypothèses suivantes :

- Création de clavette pour relier la vis et le piston.
- Correction de certains défauts de conception existants
- Créez une pièce pour maintenir le rouleau afin de garantir que le noyau tourne avec le cylindre en même temps.

CHAPITRE I

- Introduction aux matériaux de l'injection.
- Le roto-moulage.
- Introduction et description du moulage par injection.

I .Introduction aux matériaux de l'injection

Introduction

Les matériaux principalement employés dans l'injection sont Les polymères (thermoplastiques et thermodurcissables) et les élastomères, ainsi que des métaux comme l'aluminium et le laiton.

Les thermoplastiques déforment et sont façonnables sous l'action de la chaleur.

Ils reprennent leur forme initiale en refroidissent sauf dans le cas de réchauffement répétés.

I .1 Les polymères

I .1.1 Définition [2]

Le mot polymère vient du grec « polus » plusieurs, et « meros » partie. Un polymère est une macromolécule, organique ou inorganique, constituée de l'enchaînement répété d'un même motif, le monomère (du grec monos : un seul ou une seule, et meros ; partie) reliés les uns aux autres par des liaisons covalentes.

I.1.2 Propriétés des polymères [3]

Lorsqu'on parle de propriété d'un matériau, on se réfère à la façon dont il réagit à une sollicitation. On pourrait aussi la nommer une sensibilité à cette stimulation, ou bien son inverse, la stabilité et la résistance. Ainsi, les propriétés thermiques décrivent le comportement du matériau vis-à-vis de la chaleur.

➤ Propriété mécanique :

Les propriétés mécaniques décrivent leur comportement vis-à-vis des sollicitations mécaniques telles que pressions, étirements, torsions, frottements, chocs et effet de la pesanteur. [4]

➤ Propriétés optiques :

Les propriétés optiques se présentent sous forme de transparences, translucidité, opacité et coloration. [4]

➤ Propriétés électriques :

Les polymères sont largement utilisés comme isolants électriques, en particulier dans les circuits électroniques et les gaines de câbles électriques. Il existe aussi des polymères conducteurs, soit à l'état intrinsèque soit par ce qu'ils sont chargés de particules de carbone conductrices. [4]

I.2. Différentes classes de polymères

Plusieurs classifications des composés macromoléculaires peuvent être proposées selon qu'on choisit l'origine, le type d'architecture, la structure chimique des motifs ou le types de polymérisation, comme base de la classification.

I.2.1 Classification selon l'origine [5]

Les polymères classés selon l'origine peuvent être :

- des polymères naturels : ce sont des composés organiques formant la matière vivante, comme les protéines, les acides nucléiques, la cellulose, la chitine...
- des polymères artificiels obtenus par modification chimique d'un polymère naturel, exemple : méthyl-cellulose.
- des polymères synthétiques : ce sont les matière plastiques, les élastomères, les fibres, les adhésifs.

I.2.2 Classification selon l'architecture [5]

les architectures macromoléculaires peuvent être divisées en quatre grandes familles: les polymères linéaires, ramifiés, réticulés et plus récemment, les polymères dendritiques.

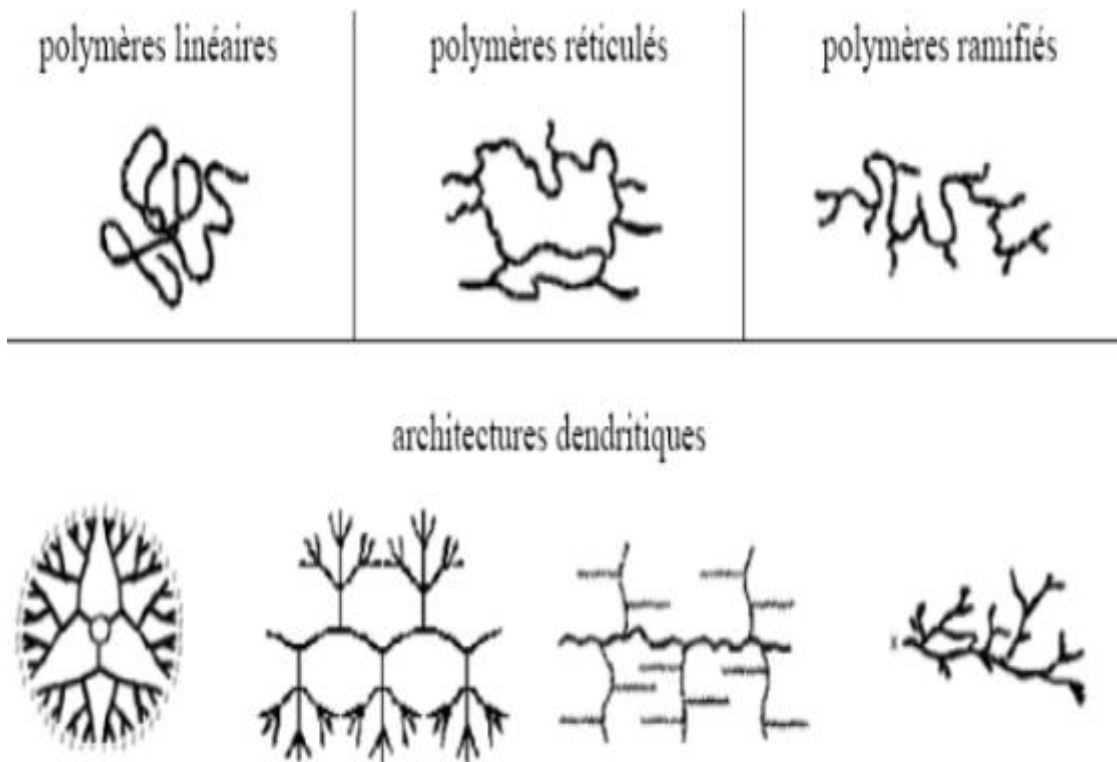


Figure I. 01 : Classification des architectures macromoléculaires. [5]

I.3 Les grands types de polymères

I.3.1 Les thermoplastiques [4]

Les thermoplastiques sont des matériaux de la famille des plastiques, qui ont la propriété de se déformer lorsqu'ils sont chauffés, et de retrouver leurs propriétés physiques quand ils refroidissent tout en conservant la forme qu'on leur a donné. Cette propriété est très intéressante pour leur mise en forme, d'autant plus que ce phénomène est totalement réversible, ils peuvent donc être recyclés très facilement.

Les principaux thermoplastiques utilisés en plasturgie sont cités au tableau les suivants :

Code	Nom	Température de fusion (°C)	Tmaxi d'usage (°C)	Module E (GPa)
ABS	Acrylonitrile butadiène styrène	105-120	70-85	2,5
PA-6	Polyamides (polycaprolactame)	215	85	1
PA-6,6	Polyamides (poly(hexaméthylène adipamide))	260	90	1,5
PC	Polycarbonate	220-250	120	2,4
PE-HD	Polyéthylène à haute densité	124-135	90	0,8-1,2
PE-LD	Polyéthylène à basse densité	100-125	70	0,15-0,3
PET amorphe	Polyéthylène téréphtalate	255	100	2,7
PET cristallin	Polyéthylène téréphtalate	260	100	4,1
PMMA	Polyméthacrylate de méthyle	130-140	60-90	3
PP	Polypropylène	165	100	1,3
PS cristal	Polystyrène	100	60	3,2
PVC rigide	polychlorure de vinyle ou chlorure de polyvinyle	100-120	65	2,4

Tableau I. 01 : Les principaux thermoplastiques utilisés en plasturgie. [7]

I.3.2 Polymères thermodurcissables [6]

Les thermodurcissables durcissent quand on les chauffe. Un exemple connu est celui des colles ou des peintures. Ils sont également très employés comme pièces de structure thermostables, par exemple les résines poly-époxydes, certains polyuréthanes, certains polyesters. On les met en forme lorsqu'ils sont encore dans leur état mou, de la même manière que les thermoplastiques, avant qu'ils ne durcissent sous l'effet de la chaleur et d'additifs chimiques qui induisent la réaction de polymérisation.

On trouve plusieurs types de thermodurcissables et on cite à titre d'exemples les suivant:

- Les polyuréthanes (PUR).
- Les phénoplastes (PF).

I. 3.3 Les élastomères [8]

Les élastomères thermoplastiques (TPE), parfois appelée caoutchoucs thermoplastiques, sont une classe de copolymères ou un mélange physique de polymères (généralement une matière plastique et en caoutchouc) qui se composent de matériaux thermoplastiques et à la fois avec des propriétés élastomères. Sous l'effet d'une contrainte, les molécules peuvent glisser les unes par rapport aux autres et se déformer.

I.4 Types d'élastomères thermoplastiques (TPE) [8]

- TPE-O - oléfines thermoplastiques (mélange continu associant le dur et le mou).
- TPE-V - composé PP/EPDM vulcanisé.
- TPE-U - Polyuréthane thermoplastique.
- TPE-S - composé SBS, SEBS ou SEPS styrénique.
- TPE-E - composé de copolyester.
- TPE-A - Polyamide thermoplastique.

II. Le roto-moulage

II.1 Définition [9]

Le roto-moulage est un procédé industriel de transformation des matières plastiques ou polymères par rotation.

A l'instar d'autres techniques comme le thermoformage, l'injection-soufflage ou le moulage par injection.

Le roto-moulage est très utilisé pour réaliser des objets creux de petites ou grandes dimensions tels que les canoës ou les citernes ou encore des pièces à double paroi. Le principe du roto-moulage est relativement simple mais ce procédé est capable de fabriquer des pièces complexes.

L'avantage du roto-moulage réside dans la haute qualité et la précision des produits fabriqués.

II.2 Principales étapes du roto-moulage [9]

Le roto-moulage est un procédé cyclique en quatre étapes :

- Remplissage des moules avec une poudre polymère.
- Phase de chauffage et de rotation.
- Refroidissement.
- Démoulage de la pièce.

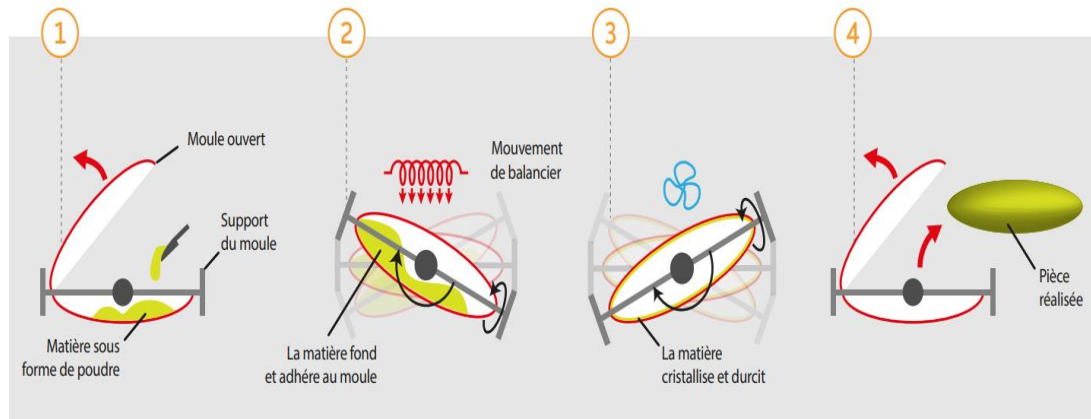


Figure I. 02 : Etapes du procédé de roto-moulage.

①- Phase de Remplissage : Une charge de poudre en polymère est placée dans le moule, qui est ensuite fermé. Cette quantité doit être prédéfinie afin d'obtenir la forme avec l'épaisseur voulue. La quantité de poudre est déterminée à l'aide de la formule suivante :

$$m = S.e.\rho$$

Avec :

S : surface de la paroi interne du moule.

e : épaisseur de la pièce à fabriquer (supposée uniforme).

ρ : masse volumique du polymère.

Après la fermeture, le moule commence à tourner selon deux axes orthogonaux à une vitesse de 1 à 40 tr/min.

②- Phase de chauffage et de rotation : Le moule est ensuite introduit dans un four où il est chauffé jusqu'à une température légèrement supérieure à la température de fusion du polymère. Lorsqu'il se trouve à l'intérieur du four, le moule tourne autour de deux axes orthogonaux. Ainsi, sous l'effet de la gravité, le polymère à l'état fondu prend progressivement la forme intérieure du moule. La rotation continue jusqu'à ce que la

matière soit uniformément répartie, afin que l'épaisseur de la pièce soit la plus homogène possible.

③- Phase de refroidissement : Alors que la rotation bi axiale continue, le moule est transféré à un poste de refroidissement.

Pour refroidir le moule et le polymère, on utilise l'eau, l'air, ou une combinaison des deux. Le refroidissement continue jusqu'à ce que le polymère soit solidifié.

④- Phase de démoulage : Après refroidissement, le moule est transféré au poste de chargement / déchargement. Le moule est ouvert et la pièce est retirée du moule. Après démoulage, le moule peut être rechargé et le cycle peut recommencer.

II.3 Les 3 étapes post-roto-moulage [9]

Les pièces obtenues par roto-moulage peuvent nécessiter des étapes de finition, voire d'assemblage, lorsqu'il s'agit de produits en plusieurs parties.

- ÉTAPE 1 :

La conformation :

La température de la pièce étant supérieure à 80°C lors du démoulage, la matière conserve une élasticité. Si la pièce est massive, il peut donc y avoir un risque d'affaissement. Une mise en conformation peut s'avérer nécessaire afin de respecter les dimensions prévues lors de la conception.

- ÉTAPE 2 :

Les finitions :

Pour améliorer l'aspect des pièces après démoulage, celles-ci subissent une ou plusieurs étapes de finition:

- 1) Ébavurage.
- 2) Découpe.



3) Ponçage (si nécessaire).

4) Flammage.

- ÉTAPE 3 :

L'assemblage :

Le roto-moulage permet de concevoir des pièces en plusieurs parties qui seront ensuite assemblées. Différentes méthodes d'assemblage manuelles sont utilisables :

- Le surmoulage d'inserts, pour résister à des forces d'arrachement importantes
- Le visage, au niveau des fûts prévus lors de la conception
- L'insertion de tubes, de charnières ou de gonds
- L'assemblage par cordon chauffant, pour les très grosses pièces.

II.4 Les Avantages et inconvénients du roto-moulage [10]

✚ Les avantages du roto-moulage sont les suivants :

- Des moules de tailles et de formes différentes peuvent être montés sur la même machine et utilisés simultanément.
- Les pièces ont une épaisseur relativement uniforme (en comparaison avec le thermoformage). Et l'épaisseur peut être changée sans modifier le moule.
- Le roto-moulage de matériaux composites est possible.
- Les lignes de soudures (dues au plan de joint) peuvent être facilement évitées.
- Des détails de surface peuvent également être obtenus.
- Les pièces finales sont quasiment sans contrainte résiduelle.

✚ Les inconvénients du roto-moulage sont les suivants :

- Le temps de cycle est important en comparaison aux autres procédés, spécialement pour les multicouches.
- Le prix des matériaux est relativement élevé car leur micronisation est nécessaire.

III. Introduction et description du moulage par injection

Introduction [11]

Le procédé d'injection plastique occupe une place particulière par rapport aux autres procédés de mise en forme des matières plastique, il transforme le quart des produits en plastique et exploite la totalité des ressources.

Pour obtenir une pièce par injection plusieurs ressources sont utilisées, outre le personnel qualifié pour des opérations de réglages, contrôle et suivi, on trouve les presses d'injection plastique, qui peuvent être horizontale, verticale, bi-vis ou des presses spéciales.

III.1 Le procédé d'injection plastique

III.1.1 Principe [12]

Le moulage permet de fabriquer un objet immédiatement utilisable, l'organe central de la machine est le moule contenant l'empreinte en creux de la pièce à réaliser. La machine doit permettre de remplir, cette forme avec la matière plastique choisie par l'utilisateur. La matière ne peut remplir, l'empreinte que sous forme fondue. Pour y parvenir, la matière doit être chauffée à une température supérieure au point de transition vitreuse ou au point de fusion. Sous cette forme, la matière peut être contrainte de remplir le moule par plusieurs techniques aux procédés dont le moulage par injection.

III.1.2 Moulage par injection [11]

Le moulage par injection est un procédé de fabrication qui consiste à ramollir la matière plastique en la chauffant puis à l'injecter dans un moule. Une fois dans le moule, la matière refroidit et se solidifie, puis un mécanisme éjecte la pièce hors du moule.

Le procédé de moulage par injection permet de produire à grande cadence, avec une grande régularité, et de façon automatique, des pièces de formes complexes, dont la masse varie de l'ordre du gramme jusqu'à plusieurs kilogrammes.

On injecte selon des techniques présentant de grandes similitudes, des polymères thermoplastiques, des polymères thermodurcissables, et des élastomères.

Les différences principales concernent les températures :

- les polymères thermoplastiques « chaud » (entre 200 et 300 °C le plus souvent) est injecté dans un moule « froid » (entre 20 et 80 °C)
- les polymères thermodurcissables et les élastomères « froids » (20 à 80 °C) sont injectés dans un moule « chaud » (environ 200 °C).

III.2 Les étapes du procédé [11]

Le procédé d'injection se déroule en cinq étapes :

❖ Étape 1 (a)

La phase de dosage : Les granulés de polymère tombent depuis une trémie dans un ensemble vis-fourreau. Ils sont ensuite fondus progressivement par actions conjuguées des colliers chauffant le fourreau, du cisaillement de la matière, provoqué par la rotation de la vis et la friction des granulés (entre eux et contre les parois du fourreau et de la vis). La matière fondue est alors convoyée en avant de la vis (via un clapet anti-retour), dans l'espace créé par le recul progressif de cette dernière lors de sa rotation.

❖ Étape 2 (b)

la phase d'injection: Grâce à un mouvement de translation de la vis, le polymère fondu est transféré du réservoir à un moule via des canaux. Ce mouvement de translation est généré par un vérin, à travers le clapet anti-retour qui, dans cette phase, empêche la matière de rebrousser chemin.

❖ Étape 3 (c)

la phase de compactage: Le moule est composé de deux parties, une fixe et une mobile. Durant le compactage, le moule est maintenu sous pression pour rester fermé, pendant que la matière est compactée par la vis. Pendant cette phase, le polymère fondu continue à être injecté pour compenser le rétrécissement, ou retrait, de la matière qui refroidit.

❖ Étape 4 (d)

la phase de refroidissement: Lorsque le polymère est entièrement figé au niveau du ou des seuils d'injection, il n'est plus nécessaire d'appliquer une pression de maintien, et la pièce continue de se refroidir jusqu'à ce qu'elle soit complètement solidifiée. La vis reprend son cycle de rotation à l'étape 1.

❖ Étape 5 (d)

la phase d'éjection: Le moule s'ouvre, et la pièce formée est éjectée du moule.

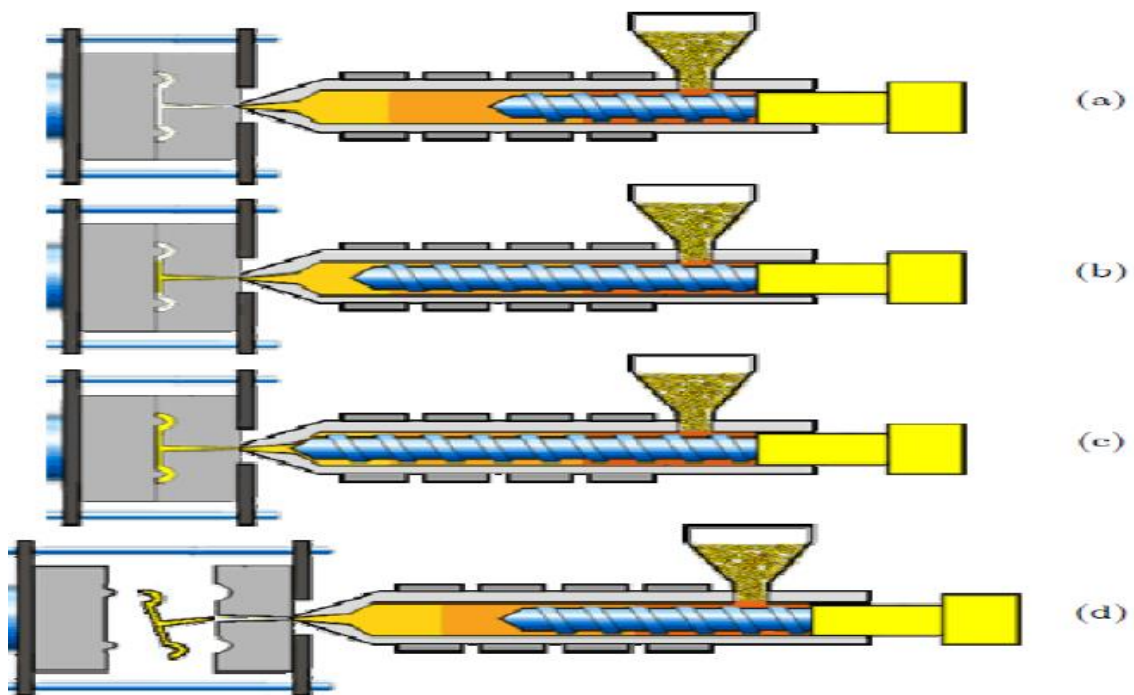


Figure I. 03 : Les étapes du procédé d'injection-moulage des thermoplastiques. [13]

III.3 Les machines utilisées en injection thermoplastique [7]

Les machines employées en injection plastique sont des presses à injecter. Elles sont utilisées pour des productions de grandes et très grandes séries allant jusqu'à plusieurs milliers de pièces. Les matériaux principalement employés sont les plastiques et les élastomères, ainsi que des métaux comme l'aluminium et le laiton.

La presse à injecter se compose de plusieurs parties. Voici les principales : buse, plateau mobile, plateau fixe, collier chauffant, trémie d'alimentation, vis sans fin (ou vis de plastification), système d'évacuation, mécanisme de fermeture et console. En outre, il est possible de catégoriser les éléments d'une presse à injecter en deux ensembles principaux.

Premièrement, il y a un groupe d'injection plastification. Il permet plusieurs applications comme l'alimentation en granulés et la fusion de la matière, par la suite dosée et injectée sous pression.

Deuxièmement, il y a un groupe de fermeture. Ce dernier permet de verrouiller, ouvrir, fermer le moule et d'éjecter les pièces. Ainsi, il est possible de fusionner la matière et de la transférer dans le moule.

III.4 Différents types des presses d'injection plastique [11]

Il existe plusieurs des presses injections plastiques, parmi celles dernières on trouve des presses injections hydrauliques, électriques, horizontales, verticales, les presses les plus utilisables dans les secteurs productions industrielles sont des presses horizontales.

➤ Presse à injection plastique horizontal :

Les presses à injection plastique sont des machines permettant de produire des pièces en plastique par le procédé de moulage par injection. Appellation « horizontale » vient de fait que l'unité de fermeture, l'unité de plastification et d'injection de la presse sont montées horizontalement.

➤ Presse à injection plastique vertical :

Ce modèle de machine de moulage par injection est principalement déduit au moulage par injection sur les lignes de production de produits électroniques, d'ordinateurs, de prise d'alimentation, etc.

III.5 Fonctionnement d'une presse à injecter [14]

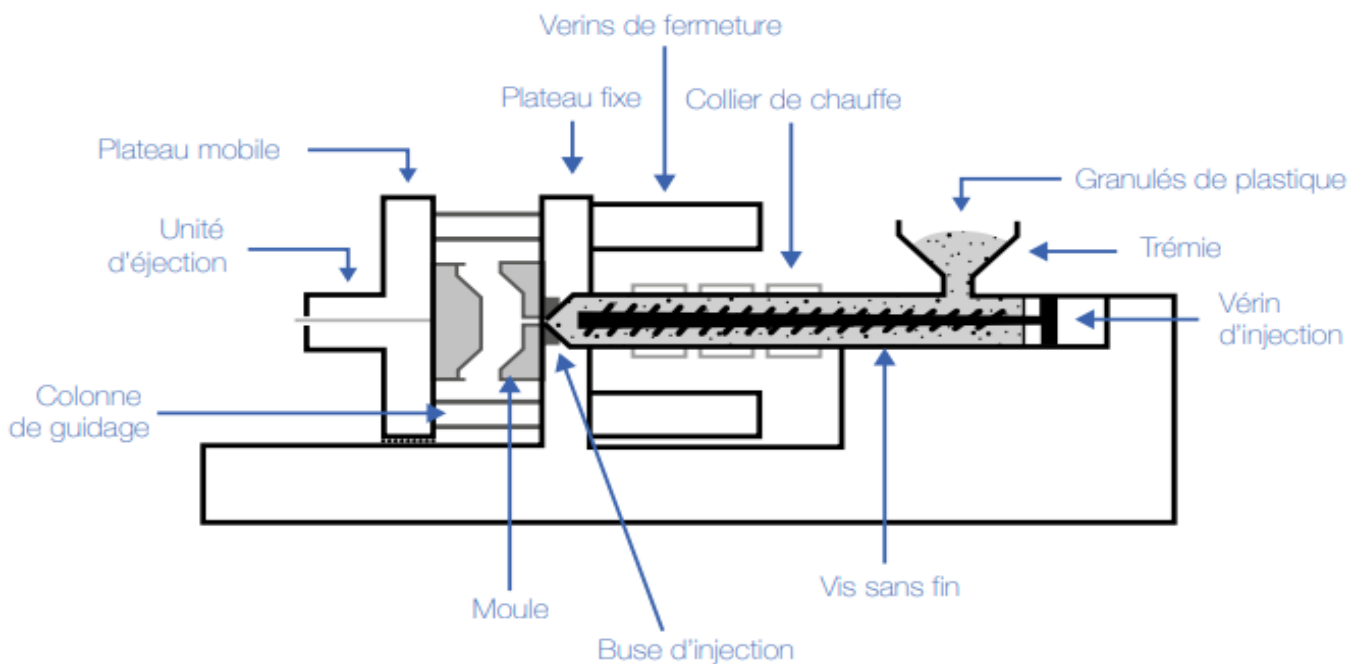


Figure I. 04 : schéma d'une presse à injecter. [14]

Le fonctionnement d'une presse à injecter pour la production de pièces est relativement simple. Des granulés de 2 à 3 mm de plastique sont versés dans la trémie. Ensuite, cette matière est ramollie en étant portée à 200°C – 250°C grâce à l'action combinée de la friction de la vis et des colliers de chauffe. La matière ainsi malléable est poussée vers la buse puis injectée dans le moule grâce au vérin d'injection. La pression d'injection peut atteindre 2 500 bars. La matière se répartit de façon homogène dans la cavité de l'outillage pour prendre sa forme définitive. La pièce est ensuite refroidie en quelques secondes entre 50°C et 80°C afin de la solidifier. La presse ouvre l'outillage et les éventuels tiroirs, la pièce est éjectée par la batterie d'éjection et chute dans un bac ou est saisie par un robot manipulateur. La presse se referme et le cycle recommence.

Conclusion

En conclusion, nous avons exploré différents aspects de la fabrication de pièces en plastique, en mettant l'accent sur les procédés d'injection et de roto-moulage. Nous avons commencé par une introduction aux matériaux utilisés dans le processus d'injection, soulignant l'importance de choisir le matériau approprié en fonction des exigences de la pièce et de l'application. Ensuite, nous avons examiné en détail le roto-moulage, un procédé de fabrication polyvalent qui offre des avantages uniques en termes de conception de pièces de grande taille et de complexité.

Par la suite, nous nous sommes penchés sur l'introduction et la description du moulage par injection, l'un des procédés les plus répandus et les plus efficaces pour la fabrication de pièces en plastique. Nous avons examiné les différentes étapes du processus, de la préparation du matériau à l'injection dans le moule, en mettant en évidence les principaux avantages de cette technique, tels que la haute précision et la rapidité de production.

CHAPITRE II

- Les defaults de conception et dimensionnement.

Introduction

Cette étude vise à explorer comment détecter les défauts dans les machines en utilisant l'œil nu, en passant par un processus de démontage de la machine et de nettoyage de ses pièces. Grâce à ce processus, nous analyserons en profondeur la structure de la machine et inspecterons chaque pièce avec soin pour identifier toute trace de dommages ou d'usure. En utilisant les connaissances acquises à partir de cette découverte, nous serons en mesure d'appliquer les corrections nécessaires pour réparer les défauts et garantir la continuité de fonctionnement de la machine avec la plus haute efficacité possible.

1. Phase de démontage de machine d'injection

Nous avons démonté la machine pour faciliter le processus de recherche de défauts dans ses pièces :

- Démontez le cylindre.
- Démontez le piston et le vis.
- Démontez le moule.



Figure II.1 : Pièces de la machine démontée.

2. Phase de nettoyage

À ce stade, nous avons nettoyé toutes les pièces de la machine des accumulations de rouille, de sable et de poussière à l'aide de matériaux et de moyens de nettoyage spéciaux, notamment :

- Produit de nettoyage.
- Brosse métallique.
- Brosse pneumatique.



Figure II.2 : Pièces de la machine démontée lors du nettoyage.

3. Phase d'inspection visuelle

Après avoir réalisé les deux étapes précédentes, nous avons effectué un diagnostic visuel des pièces afin de pouvoir détecter certains défauts des pièces. Le but de toutes ces étapes est d'arriver à un outil qui assure la fonction de rotation du moule et du cylindre en même temps.

3.1 . Défaut de conception de bras de torsion

Cette forme n'est pas appropriée lors de la rotation.



Figure II.3 : Bras de torsion.

3.2 Défaut d'assemblage de la vis de transmission au piston

Non-prise en compte de la stabilité de la vis à l'intérieur du piston pendant le travail.



Figure II.4 : le vis et le piston.

3. 3 Défaut de conception dans les deux supports baril roto-moulage

Le manque de la bonne conception des supports de la machine nous empêche les installer sur la table qui maintient la machine.



Figure II.5 : support et Porte-rouleau.

3.4. Une erreur dans la conception de l'emplacement du porte-rouleau

le défaut le plus important réside dans le fait que le cylindre de roto-moulage est bloqué en rotation ce qui empêche le bon fonctionnement de la machine.

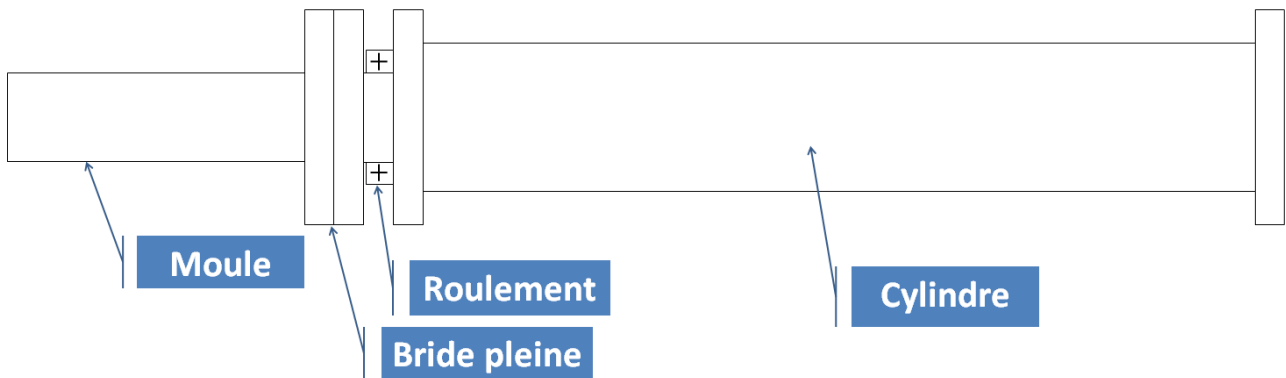


Figure II.6 : Position du deuxième rouleau.

Conclusion

En considérant ces corrections comme une étape fondamentale vers l'amélioration des performances globales de la machine, nous aspirons à voir une amélioration significative de l'efficacité de la production et de la qualité des produits. Nous nous engageons à poursuivre nos efforts et à allouer les ressources nécessaires à la mise en œuvre efficace de ces améliorations, dans le but de réaliser durablement les objectifs de production et de qualité.

CHAPITRE III

➤ Correction les problèmes.

Introduction

Cette étude vise à explorer les défauts courants présents dans les pièces de la machine de roto-moulage à proposer des méthodes efficaces pour les corriger. Une variété de défauts sera analysée, allant des imperfections de surface mineures aux défauts structuraux majeurs, en utilisant diverses méthodes et techniques.

1. Correction de Défaut de conception de bras de torsion

Nous avons créé un angle droit dans la poignée, car nous pensons que c'est la forme appropriée pour faciliter la rotation de la vis, notamment lors de l'ouverture.



Figure III.1 : Poignée de bras de torsion.

Dans ce processus, nous avons utilisé : un chalumeau, étau de table et clé à griffe.

Correction d'assemblage de la vis de transmission au piston

Pour assembler la vis de transmission avec le piston, nous les avons bien fixés avec une clavette pour éviter de les séparer lors de l'ouverture de la vis.



Figure III.2 : Perçage le vis.



Figure III.3 : Perçage, lamage et filtrage.



Figure III.4 : Fixation de la vis et le piston par goupille.

Dans ce processus, nous avons utilisé : perceuse fixé et tarons : ébaucheur, intermédiaire, finisseur.

2. Correction de conception dans les deux supports baril roto-moulage

Nous avons bien conçu les supports de la machine afin de pouvoir l'installer correctement sur la table qui la supporte, ce qui augmente la longueur et la largeur des supports.



Figure III.5 : Le premier de support.



Figure III.6 : le deuxième support.

Dans ce processus, nous avons utilisé : post à souder, une meule électrique.

3. Fabriquer un support roulant

Un cylindre brut a été travaillé et façonné pour le rendre compatible avec le laminoir. Cela a été réalisé en suivant plusieurs étapes :

- Sélection de la matière utilisée pour former le cylindre.
- Installation de la matière première dans le tour.
- Détermination des dimensions et spécifications à l'aide d'outils de mesure, tournage du tour.
- processus de formage.
- Processus de finition.
- Traitement de surface.
- Inspection finale : nous inspectons le cylindre fini pour nous assurer qu'il ne présente aucun défaut avant de l'utiliser pour sa fonction.



Figure III.7: Piece brute.

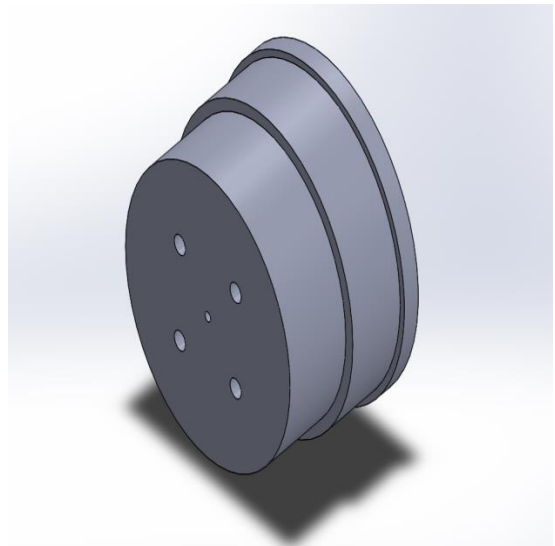


Figure III. 8 : Piece usuni.

Nous avons utilisé un tour pour fabriquer cette pièce de Figure III.7 et 8 : Chariotage, dressage - perçage et lamage.

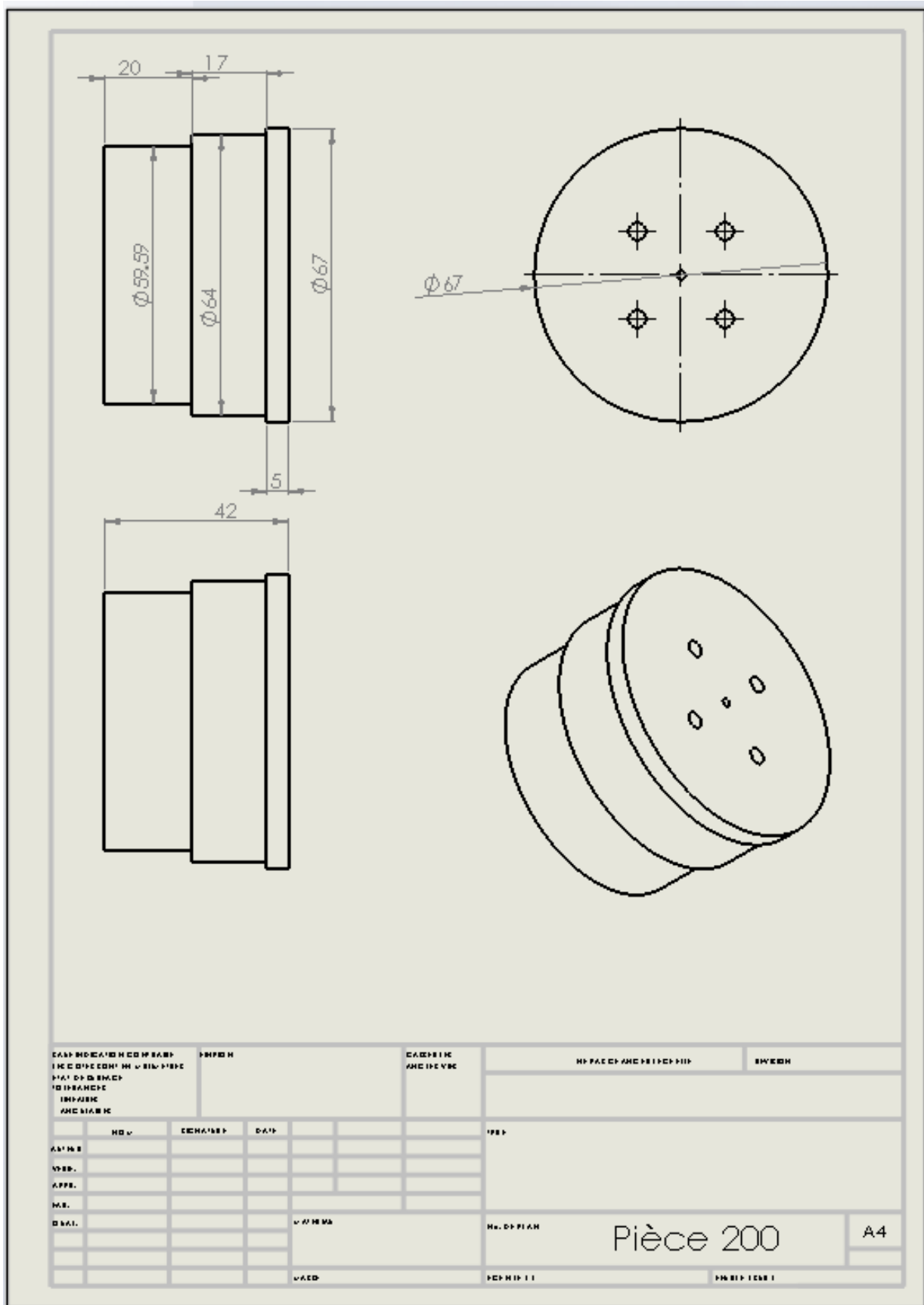


Figure III.9 : Dessin technique de la première pièce usiné.

4. Porte-cylindre fabriqué

Nous avons réalisé le disque pour faciliter le transport du cylindre et également pour le fixer solidement entre les deux parties de la machine à l'aide de 4 vis et 4 écrous qui y sont soudés.



Figure III. 10 : Bride plain.

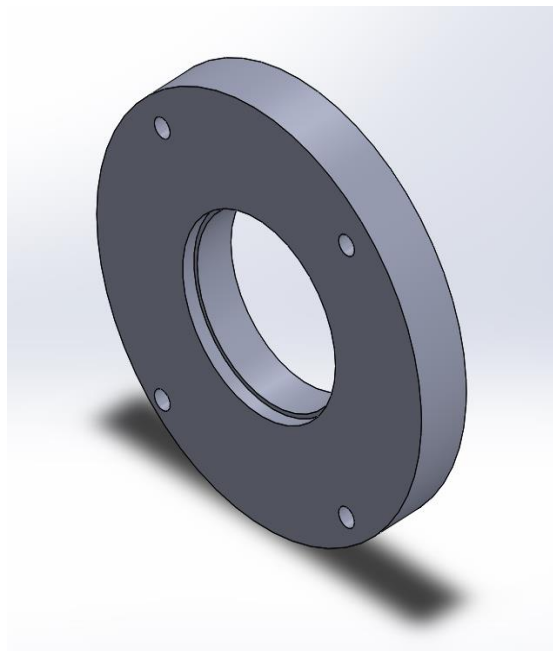


Figure III. 11 : Bride plain usini.

Pour pièce de figure III 10 et 11. Nous avons utilisé un tour pour percer cette pièce.

5. L'assemblage des deux pièces usinées

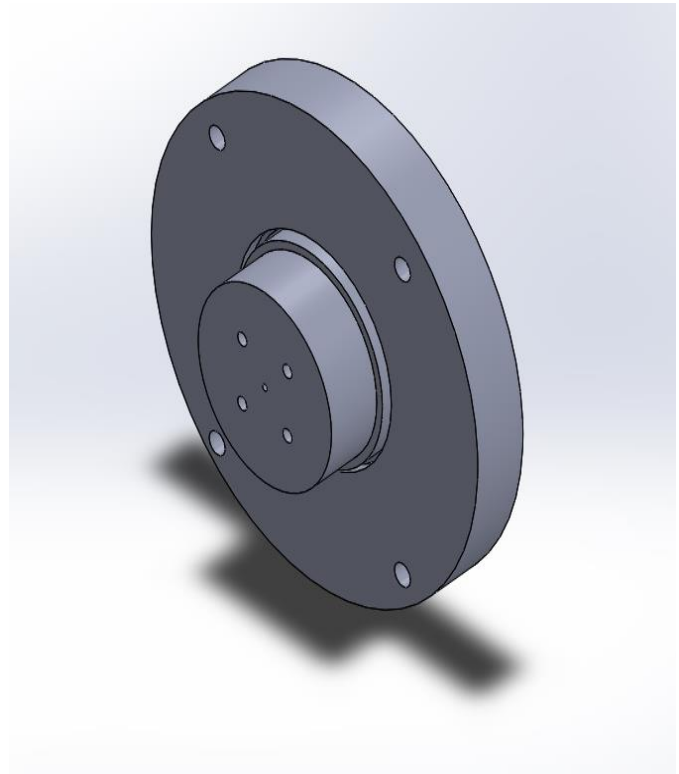


Figure III.13 : Assemblage pour les deux piece

Nous avons assemblé les pièces fabriquées figure 8 et 11 à l'aide d'une presse pour assurer un ajustement parfait et serré des deux pièces.

6. Soudage de quatre écrous dans la bride usine

Nous avons soudé quatre écrous pour relier les deux parties de la machine, le cylindre et le moule, avec une vis et un écrou.



Figure III.14 : quatre écrous souder dan la bride.

7. Conception et réalisation de machine roto-moulage

La dernière conception que nous avons imaginée permet au moule de tourner avec le cylindre en même temps, ce qui constitue l'objectif principal du projet terminé.

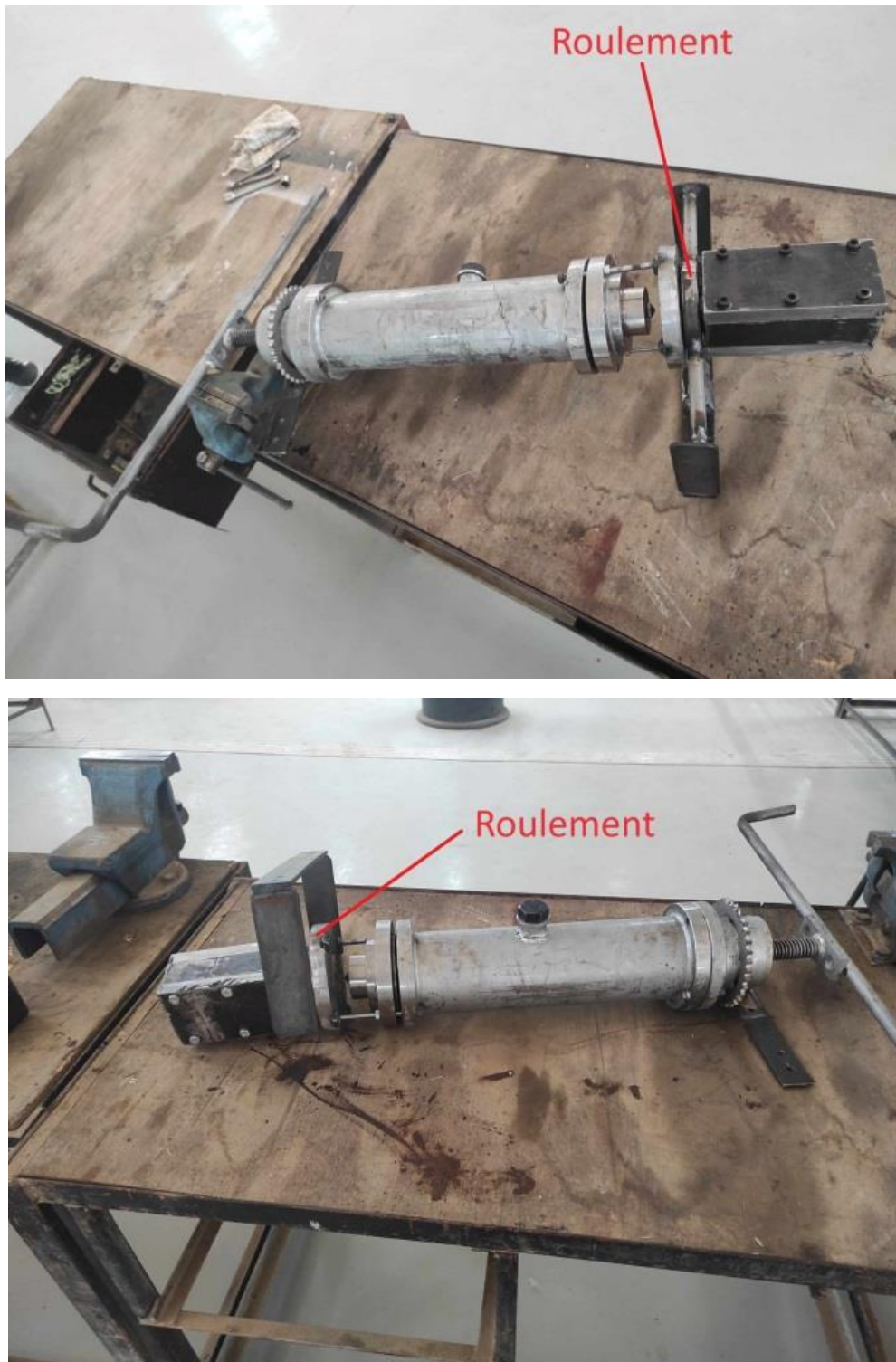


Figure III.13 : nouvelle conception de la machine.

Conclusion

À la fin de cette étude, nous reconnaissons l'importance de corriger les défauts dans les pièces de la machine de roto-moulage pour garantir la continuité de la productivité et la qualité des produits. En analysant les défauts et en appliquant les stratégies appropriées pour les corriger, nous constatons qu'il est possible d'améliorer les performances des machines, de réduire les coûts et de renforcer la sécurité sur le lieu de travail.

CHAPITRE IV

- *Vérification et calculs.*
- *Résultat.*

Introduction

Dans le domaine de l'ingénierie mécanique, les calculs de soudure statique et les assemblages boulonnés sont des éléments essentiels pour assurer la solidité et la durabilité des structures. La soudure statique, réalisée par fusion de deux pièces métalliques à l'aide d'un arc électrique, offre une liaison permanente et résistante, tandis que les assemblages boulonnés permettent un montage et un démontage facilités grâce à l'utilisation de boulons et d'écrous. Au cours de ce chapitre, nous explorerons les principes fondamentaux de ces deux méthodes d'assemblage.

-Calcul des soudures en statique et les assemblages boulonnés

1. Modification de la valeur de gorge (procédés automatisés)

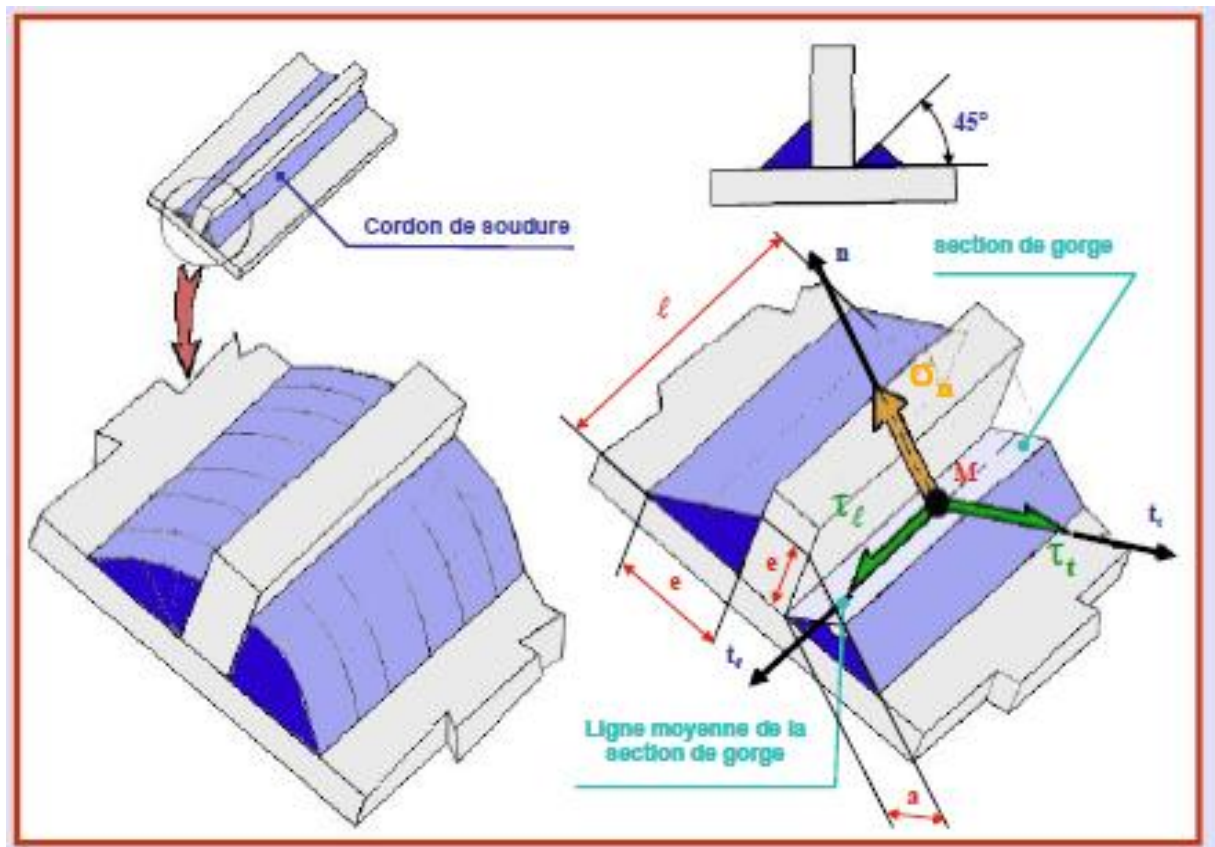


Figure IV.1 : Cordon de soudure.

Après vérification expérimentale, généralement effectuée au travers de la qualification du mode opératoire de soudage (QMOS)], possibilité de majorer la gorge apparente pour tenir compte de la pénétration spécifique.

2. Section efficace du cordon

Les calculs de résistance des cordons de soudure s'effectuent sur la base d'une section efficace qui est, selon la forme du cordon, la suivante :

- cordons rectilignes : $A = l a$ [15]
- cordons circulaires : $A = 2 \pi R_m a$ [15]

R_m représente le rayon mesuré à mi- épaisseur de la gorge du cordon.

On a :

$$\text{cordons circulaires : } A = 2 \pi R_m a \quad (\text{IV1})$$

$$a = 25 \text{ mm}$$

$$R_m = 7 \text{ mm}$$

$$A = 2 * 3,14 * 7 * 25 = 1099 \text{ mm}^2$$

$$A = 0,0011 \text{ m}^2$$

le couple de serrage :

$$T = 100 * 0,5 = 50 \text{ kgf} * \text{m} \quad (\text{IV2})$$

$$T = 500 \text{ Nm}$$

La force initiale dans le boulon :

$$T = 0,20 F_i d \quad [16]$$

$$F_i = T / (0,20 * d) \quad (\text{IV3})$$

$$d = 0,03 \text{ m}$$

Application numérique :

$$F_i = 500 / (0,20 * 0,03)$$

$$F_i = 83333,33 \text{ N}$$

La force initiale dans un chaque boulon :

$$F_i / 4 = 83333,33 / 4 = 20833,33 \text{ N} \quad (\text{IV4})$$

3. Contraintes dans le cordon

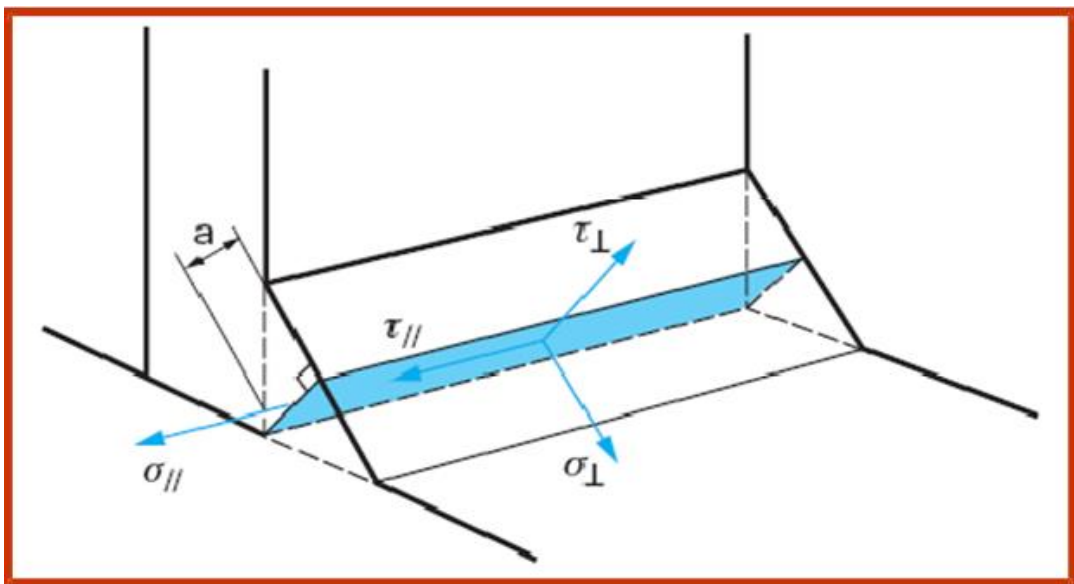


Figure IV.2 : Contraintes dans le cordon.

-recommandation ISO/TC 44 -

- contrainte normale perpendiculaire à la direction du cordon : σ_{\perp}
- contrainte tangentielle perpendiculaire à la direction du cordon : τ_{\perp}
- contrainte tangentielle parallèle à la direction du cordon : $\tau_{//}$

La contrainte normale parallèle à la direction du cordon $\delta //$ ne sera jamais prise en compte dans le calcul des soudures en état de ductilité, en raison des critères retenus qui reposent sur la ruine plastique du cordon.

4. Cas des aciers doux ($f_u < 500$ MPa) Calcul Eurocode (3)

-partie 6 et annexe M – AFNOR-

Selon les recommandations de l'Euro code dans le calcul des soudures en statique nous avons deux conditions à vérifier :

Double vérification : [15]

$$\beta_w^2 [\sigma_{\perp}^2 + 3(\tau_{\perp}^2 + \tau_{//}^2)] \leq (f_u / \gamma_{Mw})^2$$

(IV5)

Critère corrigé de Von Mises [15]

$$\sigma_{\perp} \leq f_u / \gamma_{Mw}$$

(IV6)

Tenue au cisaillement perpendiculaire du joint

- f_u : charge de rupture du métal d'apport (doit être garantie par un document normatif)
- γ_{Mw} : coefficient partiel sur la charge de rupture (dépendant de la nuance de l'acier de base)
- β_w : en relation avec la nuance de l'acier de base, représente le fait que, en matière de soudage d'aciers doux, non alliés ou faiblement alliés, les produits d'apport de soudage à l'arc par procédés classiques confèrent aux zones fondues des caractéristiques mécaniques très supérieures à celles de la nuance de base.

5. Cas des aciers doux ($f_u < 500$ MPa)

Tableau 1 – Coefficients β_w et γ_{Mw} [5]					
Nuance	f_y (MPa)	f_y/f_u	f_u (MPa)	β_w	γ_{Mw}
S235	235	0,65	360	0,80	1,25
S275	275	0,67	410	0,85	1,30
S355	355	0,70	510	0,90	1,35

Tableau IV. 01 : coefficient de β_w et γ_{Mw} . [15]

• f_u : charge de rupture du métal d'apport.

• f_y : charge de rupture du métal de base.

Donc :

Depuis (IV4) :

$$F_i / 4 * \cos 45 = 14583,33N$$

$$F_i / 4 * \sin 45 = 14583,33N$$

$$\tau_L = 14583,33/0,0011 = 13,25 \text{ MPa} \quad (\text{IV6})$$

$$\delta_L = 14583,33/0,0011 = 13,25 \text{ MPa} \quad (\text{IV7})$$

Alors la condition (IV5) s'écrit comme suit :

$$0,8^2 [13,25^2 + 313,25^2] = 449,44 \text{ MPa} \leq \left(\frac{360}{1,25}\right)^2 = 82944 \text{ MPa}$$

Le résultat :

$$449,44 \text{ MPa} \lll 82944 \text{ MPa}$$

Alors condition (IV5) Est réalisée.

Vérification de deuxième condition

$$\delta_L = 13,25 \text{ MPa} \leq F_u / \gamma_{MW} = 288 \text{ MPa}$$

$$13,25 \text{ MPa} \lll 288 \text{ MPa}$$

condition (IV6) Est réalisée.

- **Résultat**

Les deux conditions sont remplies, et selon les normes (partie 6 et annexe M – AFNOR), la soudure ne se brise pas.

Conclusion

Après avoir effectué des calculs à l'aide des méthodes de soudure statique et d'assemblages boulonnés, nous sommes ravis de constater que nous avons obtenu des résultats satisfaisants. Cette réussite témoigne de notre compréhension solide des principes fondamentaux de ces deux méthodes d'assemblage, ainsi que de notre capacité à les appliquer de manière efficace dans la conception et l'analyse des structures. Ces résultats positifs renforcent notre confiance dans notre capacité à garantir des assemblages sûrs, durables et fiables, et soulignent l'importance de choisir la méthode d'assemblage appropriée en fonction des exigences spécifiques de chaque projet. En tirant parti de ces succès, nous sommes mieux préparés à relever les défis futurs de l'ingénierie mécanique et à contribuer à la création de structures robustes et performantes dans divers domaines industriels.

Conclusion générale

En conclusion nous avons appris beaucoup de choses en regardant les erreurs commises par les équipes qui nous ont précédés sur ce projet. Après examen approfondi nous avons détecté un certain nombre d'erreurs de conception et de fabrication que nous avons étalé en détail aux chapitre II. Ces erreurs nous ont amené à reconcevoir tous les éléments de cette machine dont les nouvelles solutions sont exposées au chapitre III.

Nous avons fait des modifications profondes sur le deuxième palier porteur et tous les accessoires externes. Ces solutions ont été proposées pour répondre aux exigences de fonctionnement et de robustesse.

Aux chapitres IV nous avons détaillé les méthodes de soudure statique et d'assemblages boulonnés, on est ravis de constater que nous avons obtenu des résultats satisfaisants.

Référence

- [1] wikipedia.
- [2] http://elearning.univ-relizane.dz/moodle/pluginfile.php/40443/course/overviewfiles/-Les%20Polym%C3%A8res_ICCM.pdf?forcedownload=1.
- [3] Harb Ahmed, Chakour Mohand, «Etude du processus de l'injection plastique et optimisation électrique et automatique,» En vue de l'obtention du Diplôme d'ingénieur d'Etat en électrotechnique, Université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou, 2010.
- [4] J. P. Trotignon, J. Verdu, A. Dobraczynski, M. Diperand, *Matière plastique, Structures-Propriétés*, Edition Nathan..
- [5] <http://dspace.univ-tlemcen.dz/bitstream/112/1084/6/chapitre1.pdf>.
- [6] BLANCHOT, Vincent, «Calcul Soudures Statique,» institut national des sciences appliquées de toulouse, TOULOUSE, 25/03/2011.
- [7] <https://prototechasia.com/injection-thermoplastique/machines-injection-thermoplastique>.
- [8] Djermoune mokhtar, «etude et conception d'une vis de transport pour l'injection plastique,» memoire présenté pour l'obtention du diplôme de master, mira bejaia, 2017/2018.
- [9] <https://blog.anviplasturgie.fr/quelles-sont-les-differentes-etapes-dun-cycle-de-rotomoulage>.
- [10] E. Pérot, «Thèse Optimisation et modélisation du procédé de rotomoulage,» École doctorale matériaux de Lyon, L'institut national des sciences appliquées de Lyon, Soutenue le 6 octobre 2006.

- [11] A. MAROUENE, «CONCEPTION ET FABRICATION D'UN MOULE D'INJECTION PLASTIQUE POUR COUVERCLE DE BATTERIE» mémoire du master,département de GENIE MECANIQUE, UNIVERSITE BADJI MOKHTAR ANNABA, JUIN 2019.
- [12] <https://Prototechasia.com/injection-thermoplastique/machines-injectionthermoplastique>.
- [13] A. HAMADI, «Conception Générale des moules pour injection plastique,» mémoire du diplôme d'ingénieur, département de mécanique, université de M'sila, 2003.
- [14] <https://www.plastisem.fr/guide-plastique/l-injection-plastique-1/>.
- [15] Partie 6 et annexe M – AFNOR
- [16] Sayettat C., Faurie J.P. et Peyret M., Assemblages boulonnés. Conception et montage. Cetim (1980)