**Технологическая карта процесса прокатки**

Задание:

Разработать технологический процесс получения листа h = 1,6 мм из сплава МА21.

Характеристика материала МА21:

Классификация: Магниевый деформируемый сплав

Применение: для средненагруженных деталей, работающих при температуре до 100-125 °C и криогенных температурах, когда требуется высокая жесткость и повышенная прочность при сжатии

Химический состав в % материала МА21:

ГОСТ   14957 - 76

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Fe | Si | Mn | Ni | Ce | Al | Cu | Mg | Zn | Cd | Na | Li | Примесей |
| до   0.03 | до   0.1 | до   0.1 | до   0.005 | до   0.15 | 4.3 - 5.3 | до   0.04 | 76.5 - 85.1 | 1 - 2 | 4 - 5 | до   0.005 | 7.5 - 9 | всего 0.3 |

Механические свойства при Т=20oС материала МА21.

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| **sв** | **sT** | **d5** | **y** | **KCU** |
| **МПа** | **МПа** | **%** | **%** | **кДж / м2** |
| 240 | 190 | 18.5 | 26 | 70 |

|  |  |
| --- | --- |
|     Твердость   МА21 | HB 10-1 = 75   МПа |

Физические свойства материала МА21.

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **T** | **E 10- 5** | **ρ** |
| **Град** | **МПа** | **кг/м3** |
| 20 | 0.46 | 1600 |

Заготовка размерами: 5х150х200 мм

Объем: V = 150 000 мм3

Масса: m = 0,00015 \* 1600 = 0,24 кг

Анализ задания

Для создания технологического процесса получения листа 1,6 мм проведем анализ задания. Горячей прокаткой получают листы и плиты толщиной от 2,5 до 100 мм. Листы меньшей толщины не производят из-за того, что интенсивное и неравномерное охлаждение тонкого листа приводит к возникновению так называемого пятнистого температурного поля, из-за чего возникает непрогнозируемая разность механических свойств проката на различных участках.

Для получения листа толщиной 1,6 мм необходимо провести горячую прокатку до толщины 3 мм, и холодную прокатку до заданной толщины. Необходимо в процессе холодной прокатки провести отжиг, для восстановления пластических свойств.

**Схема технологического процесса.**

1. Нагрев слитка под прокатку.

2. Горячая прокатка.

3. Отжиг.

4. Холодная прокатка.

Нагрев слитка под прокатку

Нагрев слитка перед прокаткой является одной из самых ответственных операций технологического процесса изготовления листовой продукции. Нагрев перед прокаткой должен обеспечить максимальную пластичность при минимальном сопротивлении деформации. Нагрев производится до 500±10˚С. Для нагрева применяются электрические конвейерные печи с циркуляцией атмосферы.

Горячая прокатка

Деформация при горячей прокатке должна возрастать от прохода к проходу, от минимально допустимой величины, до максимальной величины. Максимальная деформация за проход должна находится в пределах от 25-30 %. Число проходов на одноклетьевом стане должно быть нечётным, а усилия прокатки должны меняться от прохода к проходу не более чем на 20%. Угол захвата металла валками должен быть меньше 200. Горячая прокатка проводится до толщины 3 мм, далее процесс ведется в холодную, так как существует большая вероятность налипания горячекатанной полосы на валки и её разрыв, что является неисправимым браком.

Расчетэнергосиловых параметров при горячей прокатке для первого прохода:

Исходные данные:

*Н* = 5 *мм -* толщина раската до прохода

*h*= 4,5 *мм -* толщина раската после прохода

*ΔH = Н - h*= 5 – 4,5 = 0,5 *мм* - абсолютное обжатие

*ΔHΣ=Н - h =* 5 – 4,5 = 0,5 *мм -* суммарное значение абсолютного обжатия

$ε\_{i}=\frac{ΔH}{H}⋅100\%= \frac{5-4,5}{5} ∙100\%=10\% $- относительная степень деформации в данном проходе

$ε\_{i}=\frac{h}{H}⋅100\%= \frac{5-4,5}{5} ∙100\%=10\% $- суммарное значение степени деформации

 α - угол захвата;

$$a=\arccos(\left(1-\frac{ΔH\_{i}}{D\_{волков}}\right))=\arccos(\left(1-\frac{0,5}{102}\right))= 5,68˚ $$

Расчетэнергосиловых параметров при горячей прокатке для второго прохода:

Исходные данные:

*Н* = 4,5 *мм -* толщина раската до прохода

*h*= 3,6 *мм -* толщина раската после прохода

*ΔH = Н - h*= 4,5 – 3,6= 0,9 *мм* - абсолютное обжатие

*ΔHΣ=Н - h =* 5 – 3,6 = 1,4 *мм -* суммарное значение абсолютного обжатия

$ε\_{i}=\frac{ΔH}{H}⋅100\%= \frac{0,9}{4,5} ∙100\%=20\% $- относительная степень деформации в данном проходе

$ε\_{i}=\frac{h}{H}⋅100\%= \frac{5-3,6}{5} ∙100\%=28\% $- суммарное значение степени деформации

α - угол захвата;

$$a=\arccos(\left(1-\frac{ΔH\_{i}}{D\_{волков}}\right))=\arccos(\left(1-\frac{0,9}{102}\right))= 7,62˚ $$

Расчетэнергосиловых параметров при горячей прокатке для третьего прохода:

Исходные данные:

*Н* = 3,6 *мм -* толщина раската до прохода

*h*= 3 *мм -* толщина раската после прохода

*ΔH = Н - h*= 3,6 – 3 = 0,6 *мм* - абсолютное обжатие

*ΔHΣ=Н - h =* 5 – 3 = 2 *мм -* суммарное значение абсолютного обжатия

$ε\_{i}=\frac{ΔH}{H}⋅100\%= \frac{0,6}{3,6} ∙100\%=17\% $- относительная степень деформации в данном проходе

$ε\_{i}=\frac{h}{H}⋅100\%= \frac{5-3}{5} ∙100\%=40\% $- суммарное значение степени деформации

α - угол захвата;

$$a=\arccos(\left(1-\frac{ΔH\_{i}}{D\_{волков}}\right))=\arccos(\left(1-\frac{0,6}{102}\right))= 6,22˚ $$

Отжиг

Отжиг горячекатанных рулонов применяют как промежуточную операцию перед холодной прокаткой. Цель отжига - придание металлу перед холодной прокаткой однородной равновесной структуры, обеспечивающей максимальную пластичность. Поэтому отжиг проводят при температуре выше температуры рекристаллизации.

Отжиг будем проводить при температуре 390-425˚С и продолжительностью 1,5-2 часа. Отжиг проводим в печах с принудительной циркуляцией воздуха.

Холодная прокатка

Для придания полосе толщины 1,6 мм, необходимо осуществить процесс холодной прокатки. При холодной прокатке применяются определенные правила. Первый проход должен быть с максимальным допустимым значением степени деформации в пределах от 10 до 50%. Степень деформации должна уменьшаться от прохода к проходу от максимального значения до минимального в пределах от 10 до 12 %. При достижении суммарной деформации 50% необходим промежуточный отжиг, с целью восстановления пластических свойств. Усилия прокатки должны меняется от прохода к проходу не более чем на 20%. Угол захвата не должен превышать 50.

Расчетэнергосиловых параметров при холодной прокатке для первого прохода:

Исходные данные:

*Н* = 3 *мм -* толщина раската до прохода

*h*= 2 *мм -* толщина раската после прохода

*ΔH = Н - h*= 3 – 2 = 1 *мм* - абсолютное обжатие

*ΔHΣ=Н - h =* 3 - 2 = 1 *мм -* суммарное значение абсолютного обжатия

$ε\_{i}=\frac{ΔH}{H}⋅100\%= \frac{3-2}{3} ∙100\%=33\% $- относительная степень деформации в данном проходе

$ε\_{i}=\frac{h}{H}⋅100\%= \frac{3-2}{3} ∙100\%=33\% $- суммарное значение степени деформации

α - угол захвата;

$$a=\arccos(\left(1-\frac{ΔH\_{i}}{D\_{волков}}\right))=\arccos(\left(1-\frac{1}{102}\right))= 8,03˚ $$

Расчетэнергосиловых параметров при холодной прокатке для второго прохода:

Исходные данные:

*Н* = 2 *мм -* толщина раската до прохода

*h*= 1,6 *мм -* толщина раската после прохода

*ΔH = Н - h*= 2 – 1,6 = 0,4 *мм* - абсолютное обжатие

*ΔHΣ=Н - h =* 3 – 1,6 = 1,4 *мм -* суммарное значение абсолютного обжатия

$ε\_{i}=\frac{ΔH}{H}⋅100\%= \frac{0,4}{3} ∙100\%=13\% $- относительная степень деформации в данном проходе

$ε\_{i}=\frac{h}{H}⋅100\%= \frac{1,4}{3} ∙100\%=47\% $- суммарное значение степени деформации

α - угол захвата;

$$a=\arccos(\left(1-\frac{ΔH\_{i}}{D\_{волков}}\right))=\arccos(\left(1-\frac{0,4}{102}\right))= 5,08˚ $$

В процессе холодной прокатки была получена полоса требуемой толщины, далее необходимо обрезать боковую кромку и разрезать полосу на листы требуемой длины.