

1. Гарячештампована сталева деталь з покриттям, що має сталеву основу та покриття з алюмінієвого сплаву на щонайменше одному боці сталевій основі, причому покриття містить, починаючи зі сталевій основі назовні, шар взаємної дифузії та зовнішній шар, де повна товщина покриття e_{coating} та товщина шару взаємної дифузії e_{IDL} задовольняє наступній умові:

$$16 \leq E_{\text{pc}} < 40$$

з

$$E_{\text{pc}} = \sqrt{\left(\frac{33.3 - e_{\text{IDL}}}{0.9} + e_{\text{IDL}} - e_{\text{coating}} \right)^2 - 148(e_{\text{IDL}} - e_{\text{coating}})} - \left(\frac{33.3 - e_{\text{IDL}}}{0.9} + e_{\text{IDL}} - e_{\text{coating}} \right),$$

де

e_{IDL} позначає товщину шару взаємної дифузії у мкм, та e_{coating} позначає повну товщину покриття у мкм,

та де гарячештампована сталева деталь з покриттям містить щонайменше одну недеформовану ділянку, що має товщину e_{pflat} від 0,6 до 3,5 мм, та щонайменше одну деформовану ділянку, а лінійна щільність тріщин dC у покритті в недеформованій ділянці вища або рівна мінімальній лінійній щільності тріщин $dC_{\text{min}}(e_{\text{pflat}})$, визначеній як:

$$dC_{\text{min}}(e_{\text{pflat}}) = 8 + 630 * e^{-3.772 - 1.15 * \arctan(4.16 * (e_{\text{pflat}} - 1.71))} - 638 * e^{-4.1 - 1.25 * \arctan(4.16 * (e_{\text{pflat}} - 1.71))},$$

де dC та $dC_{\text{min}}(e_{\text{pflat}})$ виражені в кількостях тріщин на мм, та e_{pflat} визначає товщину недеформованої ділянки в мм,

де, у щонайменше одній пласкій недеформованій ділянці, еквівалентна деформація ε_b визначена в кожному місці як

$$\varepsilon_b = \frac{2}{\sqrt{3}} \sqrt{(\varepsilon_1^2 + \varepsilon_1 \varepsilon_2 + \varepsilon_2^2)},$$

де ε_1 та ε_2 є основними деформаціями, складає не більше за 0,01.

2. Гарячештампована сталева деталь з покриттям за п. 1, де лінійна щільність тріщин dC у покритті в недеформованій ділянці нижча за або рівна $4 \cdot dC_{\text{min}}(e_{\text{pflat}})$.

3. Гарячештампована сталева деталь з покриттям за будь-яким з пп. 1 або 2, де гарячештампована сталева деталь з покриттям має однорідну товщину e_r , що становить від 0,6 до 3,5 мм.

4. Гарячештампована сталева деталь з покриттям за будь-яким з пп. 1 або 2, де гарячештампована сталева деталь з покриттям має змінну товщину, причому гарячештампована сталева деталь з покриттям складається з двох або більше ділянок з точною товщиною e_i , причому кожна складає від 0,6 до 3,5 мм, причому гарячештампована сталева деталь з покриттям має середню товщину e_r , що становить від 0,6 до 3,5 мм.

5. Гарячештампована сталева деталь з покриттям за будь-яким з пп. 1-4, де гарячештампована сталева деталь з покриттям містить дві або більше недеформованих ділянок, причому кожна має товщину $e_{\text{pflat}}(i)$ від 0,6 до 3,5 мм, причому лінійна щільність тріщин $dC(i)$ у покритті в кожній недеформованій ділянці вища або рівна $dC_{\text{min}}(e_{\text{pflat}}(i))$ з:

$$dC_{\text{min}}(e_{\text{pflat}}(i)) = 8 + 630 * e^{-3.772 - 1.15 * \arctan(4.16 * (e_{\text{pflat}}(i) - 1.71))} - 638 * e^{-4.1 - 1.25 * \arctan(4.16 * (e_{\text{pflat}}(i) - 1.71))},$$

де $e_{\text{pflat}}(i)$ визначає товщину розглядуваної недеформованої ділянки, виражену в мм, а $i=1 \dots n$, $n \geq 2$, i $dC(i)$ та $dC_{\text{min}}(e_{\text{pflat}}(i))$ виражені в кількостях тріщин на мм та визначають, відповідно, лінійну щільність тріщин та мінімальну лінійну щільність тріщин у покритті розглядуваної недеформованої ділянки з товщиною $e_{\text{pflat}}(i)$.

6. Гарячештампована сталева деталь з покриттям за будь-яким з пп. 1-5, де в розрізі тріщини в покритті недеформованої ділянки проходять від найвищої поверхні покриття в напрямку до сталевій основі, в напрямку, ортогональному до поверхні сталевій основі на глибину у щонайменше 5 мкм, причому кожна тріщина має ширину, меншу за 2 мкм у напрямку,

паралельному поверхні сталевій основи.

7. Гарячештампована сталеві деталь з покриттям за будь-яким з пп. 1-6, де лінійна щільність тріщин визначена як співвідношення між повною кількістю тріщин, спостережених у декількох перерізах недеформованої ділянки за допомогою світлопольного оптичного мікроскопа, по всій довжині спостереження, що становить щонайменше 5 мм, у напрямку, паралельному поверхні сталевій основи, та повною довжиною спостереження.

8. Гарячештампована сталеві деталь з покриттям за будь-яким з пп. 1-7, де гарячештампована сталеві деталь з покриттям є монолітною деталлю або гарячештампованою зварною деталлю, що складається щонайменше з двох гарячештампованих піддеталей з покриттям та щонайменше одного гарячештампованого зварного шва, що поєднує разом гарячештамповані піддеталі з покриттям.

9. Гарячештампована сталеві деталь з покриттям за п. 8, де гарячештампована сталеві деталь з покриттям або кожна гарячештампована піддеталь з покриттям має структуру, що складається з, за об'ємом, щонайменше 60 % мартенситу, щонайбільше 20 % бейніту, щонайбільше 5 % фериту та щонайбільше 15 % аустеніту.

10. Гарячештампована сталеві деталь з покриттям за будь-яким з пп. 8 або 9, де сталь у гарячештампованій сталевій деталі з покриттям, або в кожній гарячештампованій піддеталі з покриттям має хімічний склад, що включає, мас. %:

$0,062 \leq C \leq 0,4$,
 $0,4 \leq Mn \leq 3,9$,
 $0,10 \leq Si \leq 1,5$,
 $0,005 \leq Al \leq 1,0$,
 $0,001 \leq Cr \leq 2,0$,
 $0,001 \leq Ti \leq 0,2$,
 $0,0005 \leq B \leq 0,010$,
 $Ni \leq 2$,
 $Nb \leq 0,1$,
 $Mo \leq 0,65$,
 $W \leq 0,30$,
 $N \leq 0,010$,
 $0,0001 \leq S \leq 0,05$,
 $0,0001 \leq P \leq 0,1$,
 $Ca \leq 0,005$,

де решта являє собою залізо та немінучі домішки, що утворюються при виробленні.

11. Гарячештампована сталеві деталь з покриттям за п. 10, де сталь у гарячештампованій сталевій деталі з покриттям або у щонайменше одній гарячештампованій піддеталі з покриттям має хімічний склад, що включає, мас. %:

$0,062 \leq C \leq 0,095$,
 $1,4 \leq Mn \leq 1,9$,
 $0,2 \leq Si \leq 0,5$,
 $0,020 \leq Al \leq 0,070$,
 $0,02 \leq Cr \leq 0,1$,
з $1,5 \leq (C + Mn + Si + Cr) \leq 2,7$,
 $0,0035 \leq Ti \leq 0,072$,
 $0,0002 \leq B \leq 0,004$,
 $Ni \leq 2$,
 $0,04 \leq Nb \leq 0,06$,
з $0,044 \leq (Nb + Ti) \leq 0,09$,
 $Mo \leq 0,65$,
 $W \leq 0,30$,
 $0,001 \leq N \leq 0,009$,

$$0,0005 \leq S \leq 0,003,$$

$$0,0001 \leq P \leq 0,020,$$

$$Ca \leq 0,005,$$

де решта являє собою залізо та немінучі домішки, що утворюються при виробленні.

12. Гарячештампована сталева деталь з покриттям за п. 10, де сталь у гарячештампованій сталевій деталі з покриттям або у щонайменше одній гарячештампованій піддеталі з покриттям має хімічний склад, що включає, мас. %:

$$0,15 \leq C \leq 0,30,$$

$$0,5 \leq Mn \leq 3,0,$$

$$0,10 \leq Si \leq 0,50,$$

$$0,005 \leq Al \leq 0,1,$$

$$0,01 \leq Cr \leq 1,0,$$

$$0,001 \leq Ti \leq 0,2,$$

$$0,0002 \leq B \leq 0,010,$$

$$Ni \leq 2,$$

$$Nb \leq 0,1,$$

$$Mo \leq 0,65,$$

$$W \leq 0,30,$$

$$0,0005 \leq N \leq 0,010,$$

$$0,0001 \leq S \leq 0,05,$$

$$0,0001 \leq P \leq 0,1,$$

$$Ca \leq 0,005,$$

де решта являє собою залізо та немінучі домішки, що утворюються при виробленні.

13. Гарячештампована сталева деталь з покриттям за п. 10, де сталь у гарячештампованій сталевій деталі з покриттям або у щонайменше одній гарячештампованій піддеталі з покриттям має хімічний склад, що включає, мас. %:

$$0,3 \leq C \leq 0,4,$$

$$0,5 \leq Mn \leq 1,0,$$

$$0,40 \leq Si \leq 0,80,$$

$$0,01 \leq Al \leq 0,1,$$

$$0,1 \leq Cr \leq 1,0,$$

$$0,008 \leq Ti \leq 0,03,$$

$$0,0005 \leq B \leq 0,003,$$

$$Ni \leq 0,5,$$

$$0,01 \leq Nb \leq 0,1,$$

$$0,1 \leq Mo \leq 0,5,$$

$$W \leq 0,30,$$

$$N \leq 0,005,$$

$$0,0001 \leq S \leq 0,004,$$

$$0,0001 \leq P \leq 0,02,$$

$$Ca \leq 0,0010,$$

де решта являє собою залізо та немінучі домішки, що утворюються при виробленні.

14. Спосіб виготовлення гарячештампованої сталеві деталі з покриттям, відповідно до якого виконують такі послідовні стадії:

забезпечують сталеву заготовку, що має середню товщину e_v від 0,6 до 3,5 мм, причому сталева заготовка містить, на щонайменше на одному боці, попереднє покриття з алюмінію або алюмінієвого сплаву, причому попереднє покриття має середню товщину, що становить від 8,0 до 19,90 мкм,

нагрівають сталеву заготовку в печі до температури нагріву T_{heat} , що становить від 850 до 970 °C та витримування сталеві заготовки при температурі нагріву T_{heat} для отримання повністю аустенітної структури в сталі заготовки,

переносять нагріту заготовку в штамп, а тоді закриття штампа, піддають гарячому штампуванню заготовку в штампі, так, що щонайменше одна пласка ділянка штампа, що має товщину e_{Bflat} від 0,6 до 3,5 мм, не піддається деформації, та щонайменше одна ділянка заготовки деформується шляхом гарячого штампування, для отримання гарячештамованої заготовки, що включає щонайменше одну недеформовану ділянку та щонайменше одну деформовану ділянку, де, під час процесу гарячого штампування, недеформована ділянка піддається еквівалентній деформації ε_b , що складає не більше за 0,01, причому еквівалентна деформація визначена як:

$$\varepsilon_b = \frac{2}{\sqrt{3}} \sqrt{(\varepsilon_1^2 + \varepsilon_1 \varepsilon_2 + \varepsilon_2^2)},$$

де ε_1 та ε_2 є основними деформаціями,

охолоджують гарячештамовану заготовку до температури, меншої за 400 °C, для отримання гарячештамованої сталеві деталі з покриттям,

де температура T_{close} заготовки при закритому штампі складає від 720 до 820 °C, та час t_M , витрачений на заготовку вище температури плавлення T_{melt} попереднього покриття при нагріванні, утримуванні, перенесенні та гарячому штампуванні, становить величину між мінімальним часом t_{Mmin} та максимальним часом t_{Mmax} , де:

$$t_{Mmin}(e_{Bflat}) = \frac{5.9 * e_{Bflat} + 2.6}{\left(\frac{T_{heat} - T_{melt}}{1000} \right)^2}$$

$$\text{та } t_{Mmax}(e_{Bflat}) = \frac{4.96 + 0.444 * e_{Bflat}^{+2.71 * \arctan(9.52 * (e_{Bflat} - 1.71))}}{\left(\frac{T_{heat} - T_{melt}}{1000} \right)^5},$$

де t_{Mmin} та t_{Mmax} виражені в секундах, T_{heat} означає температуру нагрівання заготовки в °C, T_{melt} означає температуру плавлення попереднього покриття у °C та e_{Bflat} означає товщину ділянки заготовки, не піддану деформації, у мм.

15. Спосіб за п. 14, де попереднє покриття є попереднім покриттям з алюмінієвого сплаву, що містить, за вагою, 7-15 % кремнію, 2-4 % заліза та за потреби від 0,0015 до 0,0030 % кальцію, причому решта являє собою алюміній та немінучі домішки.

16. Спосіб за п. 15, де попереднє покриття є попереднім покриттям з алюмінієвого сплаву, що містить, за вагою, від 8 до 11 % кремнію, від 2 до 4 % заліза, за потреби від 0,0015 до 0,0030 % кальцію, причому решта являє собою алюміній та немінучі домішки.

17. Спосіб за будь-яким з пп. 14-16, де при гарячому штампуванні заготовки у штампі, дві або більше пласких ділянок заготовки, товщина $e_{Bflat(i)}$ кожної з яких складає від 0,6 до 3,5 мм, не піддаються деформації, та час t_M , витрачений на заготовку вище температури плавлення T_{melt} попереднього покриття, становить величину між мінімальним часом $t_{Mmin}(\text{Max}(e_{Bflat(i)}))$, потрібним для пласкої ділянки з найвищою товщиною, та максимальним часом $t_{Mmax}(\text{Min}(e_{Bflat(i)}))$, потрібним для пласкої ділянки з найнижчою товщиною.

18. Спосіб за будь-яким з пп. 14-17, де заготовка має змінну товщину в діапазоні від мінімальної товщини e_{Bmin} до максимальної товщини e_{Bmax} при гарячому штампуванні заготовки в штампі, а час, t_M , витрачений на заготовку вище температури плавлення T_{melt} попереднього покриття, складає величину між мінімальним часом $t_{Mmin}(e_{Bmax})$, потрібним для максимальної товщини e_{Bmax} , та максимальним часом $t_{Mmax}(e_{Bmin})$, потрібним для мінімальної товщини e_{Bmin} .

19. Спосіб за будь-яким з пп. 14-18, де сталева заготовка являє собою монолітну заготовку, спроектовану катанку по викрійці або спроектовану зварну заготовку, виготовлену шляхом зварювання разом щонайменше двох підзаготовок.

20. Спосіб за п. 19, де заготовка або кожна підзаготовка виготовлена за допомогою різання листа з попереднім покриттям, причому лист має хімічний склад, що містить, мас. %:

$$0,062 \leq C \leq 0,4,$$

$0,4 \leq \text{Mn} \leq 3,9$,
 $0,10 \leq \text{Si} \leq 1,5$,
 $0,005 \leq \text{Al} \leq 1,0$,
 $0,001 \leq \text{Cr} \leq 2,0$,
 $0,001 \leq \text{Ti} \leq 0,2$,
 $0,0005 \leq \text{B} \leq 0,010$,
 $\text{Ni} \leq 2$,
 $\text{Nb} \leq 0,1$,
 $\text{Mo} \leq 0,65$,
 $\text{W} \leq 0,30$,
 $\text{N} \leq 0,010$,
 $0,0001 \leq \text{S} \leq 0,05$,
 $0,0001 \leq \text{P} \leq 0,1$,
 $\text{Ca} \leq 0,005$,

де решта являє собою залізо та немінучі домішки, що утворюються при виготовленні.

21. Спосіб за п. 20, де хімічний склад заготовки або щонайменше однієї підзаготовки містить, мас. %:

$0,062 \leq \text{C} \leq 0,095$,
 $1,4 \leq \text{Mn} \leq 1,9$,
 $0,2 \leq \text{Si} \leq 0,5$,
 $0,020 \leq \text{Al} \leq 0,070$,
 $0,02 \leq \text{Cr} \leq 0,1$,
з $1,5 \leq (\text{C} + \text{Mn} + \text{Si} + \text{Cr}) \leq 2,7$,
 $0,0035 \leq \text{Ti} \leq 0,072$,
 $0,0002 \leq \text{B} \leq 0,004$,
 $\text{Ni} \leq 2$,
 $0,04 \leq \text{Nb} \leq 0,06$,
з $0,044 \leq (\text{Nb} + \text{Ti}) \leq 0,09$,
 $\text{Mo} \leq 0,65$,
 $\text{W} \leq 0,30$,
 $0,001 \leq \text{N} \leq 0,009$,
 $0,0005 \leq \text{S} \leq 0,003$,
 $0,0001 \leq \text{P} \leq 0,020$,
 $\text{Ca} \leq 0,005$,

де решта являє собою залізо та немінучі домішки, що утворюються під час виготовлення.

22. Спосіб за п. 20, де хімічний склад заготовки або щонайменше однієї підзаготовки містить, мас. %:

$0,15 \leq \text{C} \leq 0,30$,
 $0,5 \leq \text{Mn} \leq 3,0$,
 $0,10 \leq \text{Si} \leq 0,50$,
 $0,005 \leq \text{Al} \leq 0,1$,
 $0,01 \leq \text{Cr} \leq 1,0$,
 $0,001 \leq \text{Ti} \leq 0,2$,
 $0,0002 \leq \text{B} \leq 0,010$,
 $\text{Ni} \leq 2$,
 $\text{Nb} \leq 0,1$,
 $\text{Mo} \leq 0,65$,
 $\text{W} \leq 0,30$,
 $0,0005 \leq \text{N} \leq 0,010$,
 $0,0001 \leq \text{S} \leq 0,05$,
 $0,0001 \leq \text{P} \leq 0,1$,

$Ca \leq 0,005$,

де решта являє собою залізо та немінучі домішки, що утворюються під час виготовлення.

23. Спосіб за п. 20, де хімічний склад заготовки або щонайменше однієї підзаготовки включає, мас. %:

$0,3 \leq C \leq 0,4$,

$0,5 \leq Mn \leq 1,0$,

$0,40 \leq Si \leq 0,80$,

$0,01 \leq Al \leq 0,1$,

$0,1 \leq Cr \leq 1,0$,

$0,008 \leq Ti \leq 0,03$,

$0,0005 \leq B \leq 0,003$,

$Ni \leq 0,5$,

$0,01 \leq Nb \leq 0,1$,

$0,1 \leq Mo \leq 0,5$,

$W \leq 0,30$,

$N \leq 0,005$,

$0,0001 \leq S \leq 0,004$,

$0,0001 \leq P \leq 0,02$,

$Ca \leq 0,0010$,

де решта являє собою залізо та немінучі домішки, які утворюються при виготовленні.

24. Спосіб за будь-яким з пп. 19-23, відповідно до якого при виготовленні заготовки або кожної підзаготовки виконують такі послідовні стадії:

забезпечують сталевий напівфабрикат,

за потреби, повторно нагрівають напівфабрикат до температури від 1100 до 1300 °C,

піддають напівфабрикат гарячій прокатці для отримання гарячекатаного сталевго листа,

намотують гарячекатаний сталевий лист при температурі намотування, нижчій або рівній 750 °C,

за потреби, піддають гарячекатаний сталевий лист травленню,

за потреби, піддають гарячекатаний сталевий лист холодній прокатці для одержання холоднокатаного сталевго листа,

нагрівають гарячекатаний сталевий лист або холоднокатаний сталевий лист до температури відпалу від A_{c1} до A_{c3} ,

наносять покриття гарячим зануренням сталевго листа у алюмінієву ванну або ванну алюмінієвого сплаву за температури від 670 до 680 °C,

охолоджують сталевий лист з попередньо нанесеним покриттям до кімнатної температури,

розрізають сталевий лист з попередньо нанесеним покриттям для отримання заготовки або підзаготовки,

за потреби, зварюють разом підзаготовки для виготовлення спроектованої зварної заготовки.