

(12) 按照专利合作条约所公布的国际申请

(19) 世界知识产权组织
国际局

(43) 国际公布日
2020 年 12 月 17 日 (17.12.2020)



(10) 国际公布号
WO 2020/249115 A1

- (51) 国际专利分类号:
C22C 19/05 (2006.01) *C22C 1/02* (2006.01)
- (21) 国际申请号: PCT/CN2020/095963
- (22) 国际申请日: 2020 年 6 月 12 日 (12.06.2020)
- (25) 申请语言: 中文
- (26) 公布语言: 中文
- (30) 优先权:
201910515735.0 2019年6月14日 (14.06.2019) CN
- (71) 申请人: 西安热工研究院有限公司
(XI'AN THERMAL POWER RESEARCH INSTITUTE CO.,LTD) [CN/CN]; 中国陕西省西安市碑林区兴庆路136号, Shaanxi 710048 (CN)。
- (72) 发明人: 严靖博(YAN, Jingbo); 中国陕西省西安市碑林区兴庆路136号, Shaanxi 710048 (CN)。
谷月峰(GU, Yuefeng); 中国陕西省西安市碑林

区兴庆路136号, Shaanxi 710048 (CN)。袁勇(YUAN, Yong); 中国陕西省西安市碑林区兴庆路136号, Shaanxi 710048 (CN)。杨征(YANG, Zheng); 中国陕西省西安市碑林区兴庆路136号, Shaanxi 710048 (CN)。张醒兴(ZHANG, Xinxing); 中国陕西省西安市碑林区兴庆路136号, Shaanxi 710048 (CN)。

(74) 代理人: 西安通大专利代理有限公司(XI'AN TONG DA PATENT AGENCY CO., LTD.); 中国陕西省西安市高新区锦业路32号, Shaanxi 710003 (CN)。

(81) 指定国(除另有指明, 要求每一种可提供的国家保护): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK,

(54) **Title:** COMPOSITE-STRENGTHENED CORROSION-RESISTANT SUPERALLOY AND PREPARATION PROCESSING THEREFOR

(54) 发明名称: 一种复合强化型耐蚀高温合金及其制备工艺

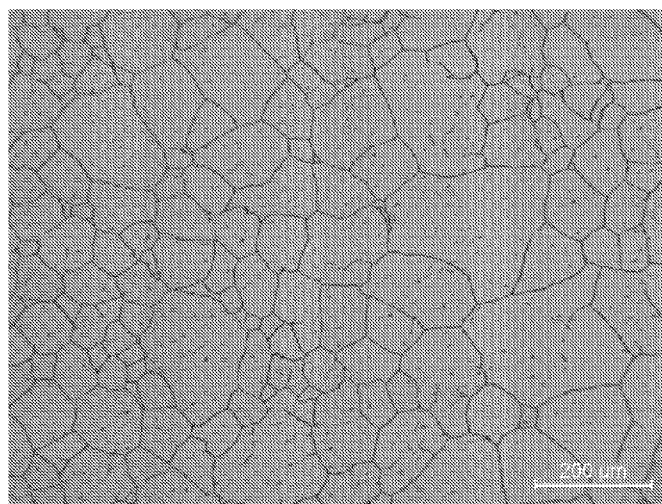


图 1

(57) **Abstract:** A composite-strengthened, corrosion-resistant superalloy and preparation processing therefor. The components of the alloy satisfy, by mass percent: Cr: 20-24%, Co: 10-15%, Ti: 1.5-2.5%, Al: 2.5-3.5%, W: 3-7%, Si: $\leq 0.5\%$, Mn: $\leq 0.5\%$, Nb: 0.5-1.5%, C: 0.03-0.08%, and Fe: 0.5-1.0%, the remainder being Ni, where $1.5 \leq \text{Al/Ti}$ and $\text{W}+\text{Cr} \leq 27\%$. The preparation processing comprises: smelting, homogenization treatment, then hot rolling, and finally thermal treatment. By means of promoting the precipitation of a large amount of a uniformly dispersed secondary strengthening phase in the alloy, good strength performance in the alloy is obtained, and at the same time, while still ensuring organizational stability of the alloy, a certain amount of a solid solution strengthening element is added, thus ensuring excellent anti-oxidation and anti-corrosion performance in the alloy.



WO 2020/249115 A1

LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX,
MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL,
PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL,
ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US,
UZ, VC, VN, WS, ZA, ZM, ZW。

(84) 指定国 (除另有指明, 要求每一种可提供的地区
保护): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ,
NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), 欧亚 (AM,
AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), 欧洲 (AL, AT, BE, BG,
CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU,
IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT,
RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI,
CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG)。

本国际公布:

— 包括国际检索报告 (条约第21条(3))。

(57) 摘要: 一种复合强化型耐蚀高温合金及其制备工艺, 合金成分按质量百分比满足: Cr: 20~24%, Co: 10~15%, Ti: 1.5~2.5%, Al: 2.5~3.5%, W: 3~7%, Si: $\leq 0.5\%$, Mn: $\leq 0.5\%$, Nb: 0.5~1.5%, C: 0.03~0.08%, Fe: 0.5~1.0%, 余量为Ni, 其中, $1.5 \leq \text{Al/Ti}$ 且 $\text{W+Cr} \leq 27\%$; 制备工艺包括: 熔炼, 均匀化处理, 后热轧, 最后热处理。通过促进合金内部析出大量均匀弥散分布的二次强化相使合金获得良好的强度性能, 并同时在确保合金组织稳定性的前提下加入一定含量的固溶强化元素, 保障合金优异的抗氧化、抗腐蚀性能。

一种复合强化型耐蚀高温合金及其制备工艺

技术领域

本发明属高温用合金材料领域，具体涉及一种复合强化型耐蚀高温合金及其制备工艺。

背景技术

随着我国用电需求不断增加，能源紧缺及环境污染问题日益凸显，发展高效、节能、环保发电方式的需求越发紧迫。火力发电作为我国长期以来最主要的发电技术，提高机组蒸汽参数被认为是解决上述问题最有效的途径。以往大量实践表明，关键部件材料的服役性能是制约锅炉机组蒸汽参数提高的最主要原因，而作为火电机组锅炉中服役工况最严苛的关键部件之一，过/再热器管道对材料的服役性能提出了极高的要求。过/再热器在服役期间将承受高温蠕变、热疲劳、氧化及高温烟气腐蚀等多重因素的影响。随着火电机组主蒸汽参数的大幅提高，开发出可以满足高参数机组过/再热器管使用性能需求的高温合金材料已成为火力发电行业亟待解决的课题。

过/再热器作为火电机组锅炉中服役工况最严苛的部件，对其候选材料的持久强度及抗腐蚀性能提出了极高的要求。优异的持久性能是合金在高温条件下长时间服役的重要保障，而析出强化是目前候选合金的主要强化方式。然而，合金在高温服役期间析出相的粗化长大将对其持久寿命带来显著影响。另一方面，抗氧化、抗腐蚀性能同样对合金的服役性能具有重要影响，而合金中较高的 Cr 元素含量会造成组织不稳定及力学性能下降等问题。针对高参数锅炉再热器管对材料使用性能的需求，目前国外已开发出了一系列镍基变形高温合金材料，如美国特殊金属公司开发的 Inconel 740H、美国哈氏公司开发的 Haynes 282、德国蒂森克虏伯公司开发的 CCA 617、英国 Rolls-Royce 公司开发的 Nimonic 263、日本日立公司开发的 FENIX700、日本东芝公司开发的 TOS1X、日本三菱公司开发的 LTESR700 等镍基变形高温合金。由于较高的 Cr 含量会降低合金强度并恶化组织稳定性，目前常用的析出强化型镍基高

温合金中 Cr 元素含量往往控制在较低的范围，但同时导致其抗腐蚀性能受到较大影响。

发明内容

本发明的目的是提供一种复合强化型耐蚀高温合金及其制备工艺，通过促进合金内部析出大量均匀弥散分布的二次强化相使合金获得良好的强度性能，并同时在确保合金组织稳定性的前提下加入一定含量的固溶强化元素。同时为保障合金优异的抗氧化、抗腐蚀性能，合金中加入了较高的 Al 元素含量，并通过合理调整 Cr、Al、Ti、W 等元素比例，获得具有良好组织稳定性的合金成分范围。

为了实现以上发明目的，本发明所采用的技术方案为：

一种复合强化型耐蚀高温合金，其特征在于：该合金成分按质量百分比满足如下范围要求：Cr：20~24%，Co：10~15%，Ti：1.5~2.5%，Al：2.5~3.5%，W：3~7%，Si：≤0.5%，Mn：≤0.5%，Nb：0.5~1.5%，C：0.03~0.08%，Fe：0.5~1.0%，余量为 Ni，其中， $1.5 \leq \text{Al/Ti}$ 且 $\text{W} + \text{Cr} \leq 27\%$ 。

一种复合强化型耐蚀高温合金的制备工艺，包括以下步骤：

1) 配制合金：合金成分按质量百分比满足如下范围要求：Cr：20~24%，Co：10~15%，Ti：1.5~2.5%，Al：2.5~3.5%，W：3~7%，Si：≤0.5%，Mn：≤0.5%，Nb：0.5~1.5%，C：0.03~0.08%，Fe：0.5~1.0%，余量为 Ni，其中， $1.5 \leq \text{Al/Ti}$ 且 $\text{W} + \text{Cr} \leq 27\%$ ；

2) 熔炼：将配制的合金熔炼成合金母液，然后采用电渣重熔工艺精炼，冷却，合金母液凝固成铸锭；

3) 均匀化处理，得到高温合金铸锭；

4) 热轧：将铸锭进行轧制，总变形量为50~70%，每道次变形量控制在15~25%范围内，变形温度为1100~1150℃；

5) 热处理：将轧制后的合金在1110~1130℃保温4小时进行再结晶处理，空冷至室温后

在750~770°C保温7~9小时，随后升温至840~870°C保温1.5~2.5小时，然后空冷至室温。

本发明进一步的改进在于，步骤2)中熔炼在真空熔炼炉内进行，熔炼时真空度不高于 1.0×10^{-4} MPa。

本发明进一步的改进在于，步骤2)中在凝固成铸锭过程中温度达到900°C前，控制冷却速率不超过15°C/min，在凝固成铸锭过程中温度达到900°C后，以超过10°C/min的冷却速度冷却至室温。

本发明进一步的改进在于，步骤2)中从合金母液凝固成铸锭开始至冷却至室温所用时间不超过15min。

本发明进一步的改进在于，步骤3)的具体过程为：将铸锭取出，随后将铸锭加热至1030~1070°C保温半小时后，继续升温至1170~1200°C的热处理炉内保温20~24小时，最后冷却至室温。

本发明进一步的改进在于，步骤3)中将铸锭加热至1030~1070°C时升温速率不超过10°C/min，升温至1170°C~1200°C时升温速率不高于5°C/min。

本发明进一步的改进在于，步骤5)中自室温以不超过10°C/min的升温速率升温至1110~1130°C，自室温以不超过10°C/min的升温速率升温至750~770°C，再以不超过10°C/min的升温速率升温至840~870°C。

与现有技术相比，本发明具有的有益效果：

本发明基于析出强化的合金设计理念，开发出了一种具有较高Al、Ti含量的新型高温合金，合金中较高的Al、Cr元素含量也保障了其具备优异的抗氧化、抗腐蚀能力。

按本发明所述方法制备的合金具备优异的强度性能与抗腐蚀性能，同时具备良好的组织稳定性。合金基体是无序面心结构的奥氏体，平均晶粒尺寸小于100 μm，奥氏体晶界存在呈不连续分布的碳化物(NbC与Cr₂₃C₆)，奥氏体体积分数约占5-20%，奥氏体晶内均匀弥散

分布细小球状的 Ni₃Al 析出相, 其尺寸不大于 50 nm。合金室温及 850℃ 拉伸屈服强度分别高于 750MPa 与 500MPa, 并且合金经 850℃ 高温烟气环境(N₂-15%CO₂-3.5%O₂-0.1%SO₂)腐蚀 500 小时后重量变化小于 0.3 mg/cm²。此外, 合金在 850℃ 热暴露期间具备优异的组织稳定性。

附图说明

图 1 为实施例 1 热处理态合金显微组织

图 2 为实施例 1 热暴露态 (850℃/1000h) 合金显微组织

图 3 为对比例热处理态显微组织

图 4 为对比例热暴露态 (850℃/1000h) 合金显微组织

具体实施方式

下面结合实施例对本发明作进一步详细说明。

本发明的析出强化型合金为镍基高温合金材料。

一种复合强化型耐蚀高温合金, 合金成分按质量百分比满足如下范围要求: Cr: 20~24%, Co: 10~15%, Ti: 1.5~2.5%, Al: 2.5~3.5%, W: 3~7%, Si: ≤0.5%, Mn: ≤0.5%, Nb: 0.5~1.5%, C: 0.03~0.08%, Fe: 0.5~1.0%, 余量为 Ni, 其中, $1.5 \leq \text{Al/Ti}$ 且 $\text{W}+\text{Cr} \leq 27\%$;

一种复合强化型耐蚀高温合金的其制备工艺, 包括以下步骤:

1) 配制合金: 合金成分按质量百分比满足如下范围要求: Cr: 20~24%, Co: 10~15%, Ti: 1.5~2.5%, Al: 2.5~3.5%, W: 3~7%, Si: ≤0.5%, Mn: ≤0.5%, Nb: 0.5~1.5%, C: 0.03~0.08%, Fe: 0.5~1.0%, 余量为 Ni, 其中, $1.5 \leq \text{Al/Ti}$ 且 $\text{W}+\text{Cr} \leq 27\%$;

2) 熔炼: 将配制的合金在熔炼成合金母液, 然后采用电渣重熔工艺精炼, 冷却, 合金母液凝固成铸锭后且在凝固成铸锭过程中温度达到 900℃ 前, 控制冷却速率不超过 15℃/min, 在凝固成铸锭过程中温度达到 900℃ 后以超过 10℃/min 的冷却速度冷却至室温; 从合金母液凝固成铸锭开始至冷却至室温所用时间不超过 15min。

3) 均匀化处理: 将铸锭取出, 随后将铸锭加热至1030~1070°C保温半小时后, 继续升温至1170~1200°C的热处理炉内保温20~24小时, 最后冷却至室温, 得到高温合金铸锭;

4) 热轧: 将铸锭进行轧制, 其总变形量为50~70%, 每道次变形量控制在15~25%范围内, 变形温度为1100-1150°C;

5) 热处理: 将轧制后的合金在1110~1130°C保温4小时进行再结晶处理, 空冷后在750~770°C保温7~9小时, 随后升温至840~870°C保温1.5~2.5小时, 完成后空冷至室温。

实施例 1

本实施例的耐热钢材料, 按质量百分比计包括: Cr: 24%, Co: 15%, Ti: 2.0%, Al: 3.0%, W: 3.0%, Si: 0.5%, Mn: 0.5%, Nb: 0.5%, C: 0.07%, Fe: 0.5%, 余量为Ni;

本实施例的制备方法包括以下步骤:

1) 原料配制: 成分按质量百分比计包括: Cr: 24%, Co: 15%, Ti: 2.0%, Al: 3.0%, W: 3.0%, Si: 0.5%, Mn: 0.5%, Nb: 0.5%, C: 0.07%, Fe: 0.5%, 余量为Ni;

2) 熔炼步骤: 将陶瓷坩埚与配制的原料同时置于真空熔炼炉内, 采用真空感应炉在真空度不高于 1.0×10^{-4} MPa下, 将配制的合金熔炼成合金母液, 当合金母液凝固的同时利用电弧在低功率下对陶瓷坩埚进行预热。合金完全凝固成为铸锭后, 将其移至预热后的陶瓷坩埚内, 避免合金锭与铜坩埚接触而导致其冷却速率过高。

3) 均匀化处理: 将铸锭取出, 随后将铸锭以10°C/min的速率加热至1050°C并保温半小时后, 继续以5°C/min的速率升温至1200°C的热处理炉内保温24小时, 最后冷却至室温, 得到高温合金铸锭;

4) 热轧: 将铸锭进行轧制, 其总变形量为50~70%, 每道次变形量控制在15~25%范围内, 变形温度为1100-1150°C;

5) 热处理: 将轧制后的合金以10°C/min的速率加热至1120°C并保温4小时进行再结晶处

理，空冷后在760°C保温8小时，随后升温至860°C保温2小时，完成后空冷至室温。

实施例1所述合金室温及850°C屈服强度分别为817MPa与473MPa，850°C高温烟气腐蚀500小时后重量变化为0.16 mg/cm²。

实施例2

本实施例的耐热钢材料，按质量百分比计包括：Cr：20%，Co：15%，Ti：1.5%，Al：3.5%，W：7.0%，Si：0.5%，Mn：0.5%，Nb：0.5%，C：0.07%，Fe：0.5%，余量为Ni；

本实施例的制备方法包括以下步骤：

1) 原料配制：成分按质量百分比计包括：Cr：20%，Co：15%，Ti：1.5%，Al：3.5%，W：7.0%，Si：0.5%，Mn：0.5%，Nb：0.5%，C：0.07%，Fe：0.5%，余量为Ni；

2) 熔炼步骤：将陶瓷坩埚与配制的原料同时置于真空熔炼炉内，采用真空感应炉在真空度不高于 1.0×10^{-4} MPa下，将配制的合金熔炼成合金母液，当合金母液凝固的同时利用电弧在低功率下对陶瓷坩埚进行预热。合金完全凝固成为铸锭后，将其移至预热后的陶瓷坩埚内，避免合金锭与铜坩埚接触而导致其冷却速率过高。

3) 均匀化处理：将铸锭取出，随后将铸锭以10°C/min的速率加热至1050°C并保温半小时后，继续以5°C/min的速率升温至1200°C的热处理炉内保温24小时，最后冷却至室温，得到高温合金铸锭；

4) 热轧：将铸锭进行轧制，其总变形量为50~70%，每道次变形量控制在15~25%范围内，变形温度为1100~1150°C；

5) 热处理：将轧制后的合金以10°C/min的速率加热至1120°C并保温4小时进行再结晶处理，空冷后在760°C保温8小时，随后升温至860°C保温2小时，完成后空冷至室温。

实施例2所述合金室温及850°C屈服强度分别为867MPa与506MPa，850°C高温烟气腐蚀500小时后重量变化为0.11 mg/cm²。

对比例

本实施例的耐热钢材料，按质量百分比计包括：Cr：25%，Co：10%，Ti：2.0%，Al：3.0%，W：5%，Mo：0.5%，Si：0.2%，Mn：0.2%，Nb：0.5%，C：0.07%，Fe：3.0%，余量为Ni；

本实施例的制备方法包括以下步骤：

1) 原料配制：成分按质量百分比计包括：Cr：25%，Co：10%，Ti：2.0%，Al：3.0%，W：5%，Mo：0.5%，Si：0.2%，Mn：0.2%，Nb：0.5%，C：0.07%，Fe：3.0%，余量为Ni；

2) 熔炼步骤：将陶瓷坩埚与配制的原料同时置于真空熔炼炉内，采用真空感应炉在真空度不高于 1.0×10^{-4} MPa下，将配制的合金熔炼成合金母液，当合金母液凝固的同时利用电弧在低功率下对陶瓷坩埚进行预热。合金完全凝固成为铸锭后，将其移至预热后的陶瓷坩埚内，避免合金锭与铜坩埚接触而导致其冷却速率过高。

3) 均匀化处理：将铸锭取出，随后将铸锭以 $10^{\circ}\text{C}/\text{min}$ 的速率加热至 1050°C 并保温半小时后，继续以 $5^{\circ}\text{C}/\text{min}$ 的速率升温至 1200°C 的热处理炉内保温24小时，最后冷却至室温，得到高温合金铸锭；

4) 热轧：将铸锭进行轧制，其总变形量为50~70%，每道次变形量控制在15~25%范围内，变形温度为 $1100\text{--}1150^{\circ}\text{C}$ ；

5) 热处理：将轧制后的合金以 $10^{\circ}\text{C}/\text{min}$ 的速率加热至 1120°C 并保温4小时进行再结晶处理，空冷后在 760°C 保温8小时，随后升温至 860°C 保温2小时，完成后空冷至室温。

对比例所述合金室温及 850°C 屈服强度分别为950MPa与565MPa， 850°C 高温烟气腐蚀500小时后重量变化为 $0.18\text{ mg}/\text{cm}^2$ 。

参见图1、图2、图3和图4，由实施例1与对比例两种合金的对比可以看出，本发明所述合金在 850°C 具备优异的组织稳定性，在高温热暴露期间无TCP相析出。

实施例 3

1) 配制合金: 合金成分按质量百分比满足如下范围要求: Cr: 22%, Co: 10%, Ti: 2.5%, Al: 2.5%, W: 4%, Si: $\leq 0.5\%$, Mn: $\leq 0.5\%$, Nb: 1%, C: 0.03%, Fe: 0.8%, 余量为 Ni, 其中, $1.5 \leq \text{Al/Ti}$ 且 $\text{W} + \text{Cr} \leq 27\%$;

2) 熔炼: 将配制的合金在熔炼成合金母液, 然后采用电渣重熔工艺精炼, 冷却, 合金母液凝固成铸锭后且在凝固成铸锭过程中温度达到 900°C 前, 控制冷却速率不超过 $15^{\circ}\text{C}/\text{min}$, 在凝固成铸锭过程中温度达到 900°C 后以超过 $10^{\circ}\text{C}/\text{min}$ 的冷却速度冷却至室温;

3) 均匀化处理: 将铸锭取出, 随后将铸锭加热至 1030°C 保温半小时后, 继续升温至 1170°C 的热处理炉内保温 22 小时, 最后冷却至室温, 得到高温合金铸锭;

4) 热轧: 将铸锭进行轧制, 其总变形量为 50%, 每道次变形量控制在 15%, 变形温度为 1150°C ;

5) 热处理: 将轧制后的合金在 1110°C 保温 4 小时进行再结晶处理, 空冷后在 750°C 保温 7 小时, 随后升温至 840°C 保温 2.5 小时, 完成后空冷至室温。

实施例 4

1) 配制合金: 合金成分按质量百分比满足如下范围要求: Cr: 23%, Co: 12%, Ti: 2%, Al: 3%, W: 5%, Si: $\leq 0.5\%$, Mn: $\leq 0.5\%$, Nb: 1.5%, C: 0.08%, Fe: 1%, 余量为 Ni, 其中, $1.5 \leq \text{Al/Ti}$ 且 $\text{W} + \text{Cr} \leq 27\%$;

2) 熔炼: 将配制的合金在熔炼成合金母液, 然后采用电渣重熔工艺精炼, 冷却, 合金母液凝固成铸锭后且在凝固成铸锭过程中温度达到 900°C 前, 控制冷却速率不超过 $15^{\circ}\text{C}/\text{min}$, 在凝固成铸锭过程中温度达到 900°C 后以超过 $10^{\circ}\text{C}/\text{min}$ 的冷却速度冷却至室温;

3) 均匀化处理: 将铸锭取出, 随后将铸锭加热至 1070°C 保温半小时后, 继续升温至 1180°C 的热处理炉内保温 20 小时, 最后冷却至室温, 得到高温合金铸锭;

4) 热轧：将铸锭进行轧制，其总变形量为70%，每道次变形量控制在25%，变形温度为1100°C；

5) 热处理：将轧制后的合金在1130°C保温4小时进行再结晶处理，空冷后在770°C保温9小时，随后升温至870°C保温1.5小时，完成后空冷至室温。

本发明制备的合金基体具有 FCC 结构，平均晶粒尺寸约 30-70 微米，并有尺寸细小的析出相在晶粒内部均匀弥散分布。合金具备优良的抗腐蚀性能及强度性能，其室温 850°C 高温屈服不低于 800MPa 与 450MPa。此外，合金在 850°C 烟气腐蚀环境下 100 小时后增重不超过 0.3 mg/cm²。

1. 一种复合强化型耐蚀高温合金，其特征在于：该合金成分按质量百分比满足如下范围要求：Cr：20~24%，Co：10~15%，Ti：1.5~2.5%，Al：2.5~3.5%，W：3~7%，Si：≤0.5%，Mn：≤0.5%，Nb：0.5~1.5%，C：0.03~0.08%，Fe：0.5~1.0%，余量为Ni，其中， $1.5 \leq \text{Al/Ti}$ 且 $\text{W} + \text{Cr} \leq 27\%$ 。

2. 一种复合强化型耐蚀高温合金的制备工艺，其特征在于，包括以下步骤：

1) 配制合金：合金成分按质量百分比满足如下范围要求：Cr：20~24%，Co：10~15%，Ti：1.5~2.5%，Al：2.5~3.5%，W：3~7%，Si：≤0.5%，Mn：≤0.5%，Nb：0.5~1.5%，C：0.03~0.08%，Fe：0.5~1.0%，余量为Ni，其中， $1.5 \leq \text{Al/Ti}$ 且 $\text{W} + \text{Cr} \leq 27\%$ ；

2) 熔炼：将配制的合金熔炼成合金母液，然后采用电渣重熔工艺精炼，冷却，合金母液凝固成铸锭；

3) 均匀化处理，得到高温合金铸锭；

4) 热轧：将铸锭进行轧制，总变形量为50~70%，每道次变形量控制在15~25%范围内，变形温度为1100~1150°C；

5) 热处理：将轧制后的合金在1110~1130°C保温4小时进行再结晶处理，空冷至室温后在750~770°C保温7~9小时，随后升温至840~870°C保温1.5~2.5小时，然后空冷至室温。

3. 根据权利要求2所述的一种复合强化型耐蚀高温合金的制备工艺，其特征在于，步骤2) 中熔炼在真空熔炼炉内进行，熔炼时真空度不高于 $1.0 \times 10^{-4} \text{MPa}$ 。

4. 根据权利要求2所述的一种复合强化型耐蚀高温合金的制备工艺，其特征在于，步骤2) 中在凝固成铸锭过程中温度达到900°C前，控制冷却速率不超过15°C/min，在凝固成铸锭过程中温度达到900°C后，以超过10°C/min的冷却速度冷却至室温。

5. 根据权利要求4所述的一种复合强化型耐蚀高温合金的制备工艺，其特征在于，步骤2) 中从合金母液凝固成铸锭开始至冷却至室温所用时间不超过15min。

6. 根据权利要求2所述的一种复合强化型耐蚀高温合金的制备工艺,其特征在于,步骤3)的具体过程为:将铸锭取出,随后将铸锭加热至 $1030\sim 1070^{\circ}\text{C}$ 保温半小时后,继续升温至 $1170\sim 1200^{\circ}\text{C}$ 的热处理炉内保温 $20\sim 24$ 小时,最后冷却至室温。

7. 根据权利要求6所述的一种复合强化型耐蚀高温合金的制备工艺,其特征在于,步骤3)中将铸锭加热至 $1030\sim 1070^{\circ}\text{C}$ 时升温速率不超过 $10^{\circ}\text{C}/\text{min}$,升温至 $1170^{\circ}\text{C}\sim 1200^{\circ}\text{C}$ 时升温速率不高于 $5^{\circ}\text{C}/\text{min}$ 。

8. 根据权利要求2所述的一种复合强化型耐蚀高温合金的制备工艺,其特征在于,步骤5)中自室温以不超过 $10^{\circ}\text{C}/\text{min}$ 的升温速率升温至 $1110\sim 1130^{\circ}\text{C}$,自室温以不超过 $10^{\circ}\text{C}/\text{min}$ 的升温速率升温至 $750\sim 770^{\circ}\text{C}$,再以不超过 $10^{\circ}\text{C}/\text{min}$ 的升温速率升温至 $840\sim 870^{\circ}\text{C}$ 。

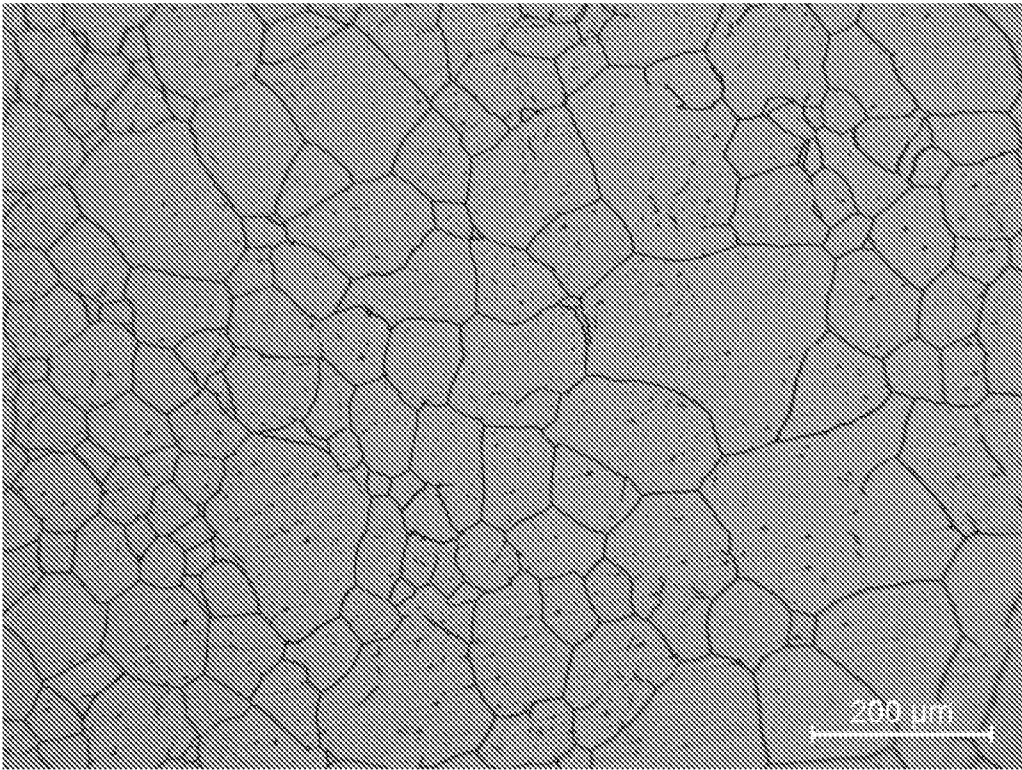


图 1

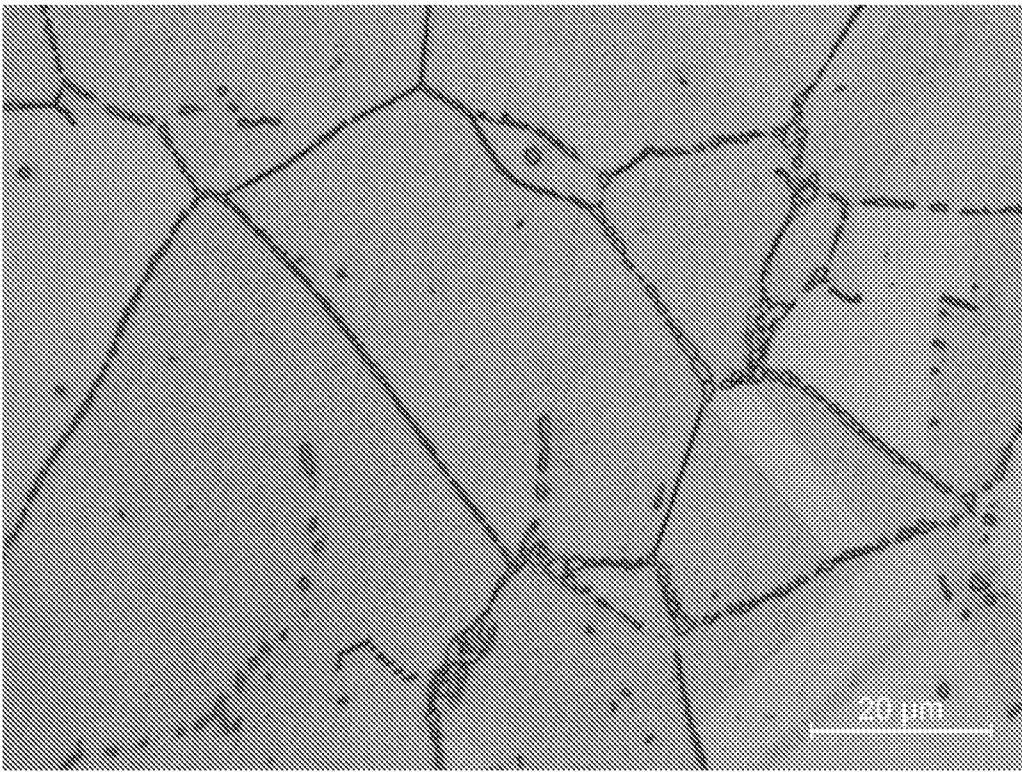


图 2

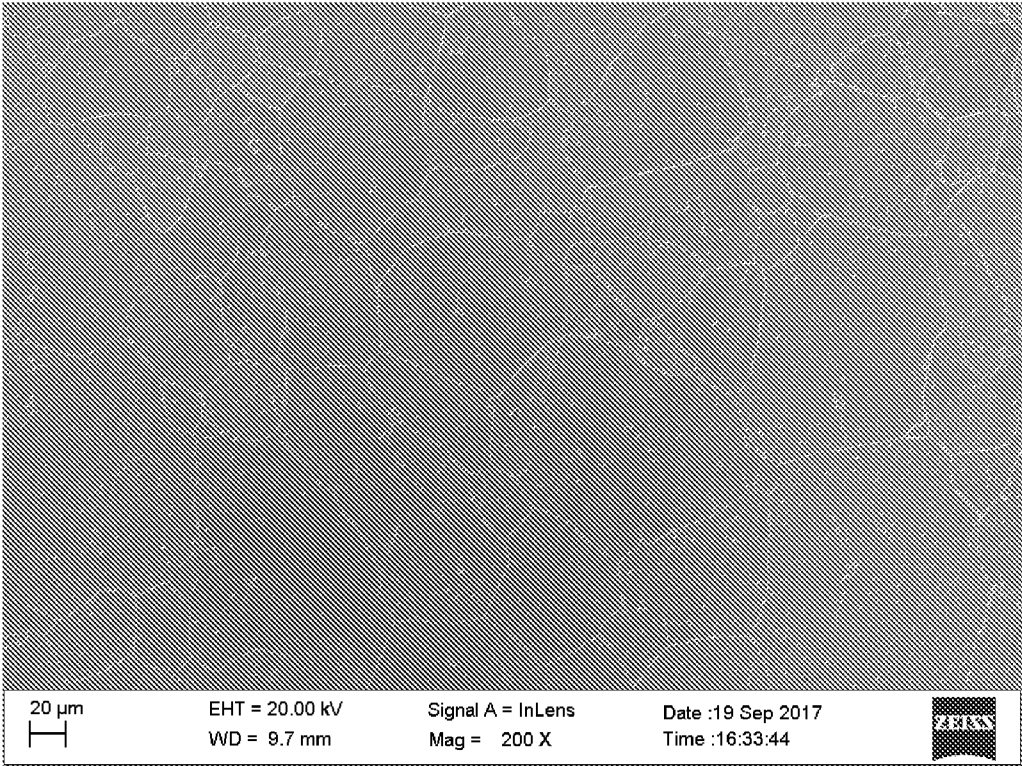


图 3

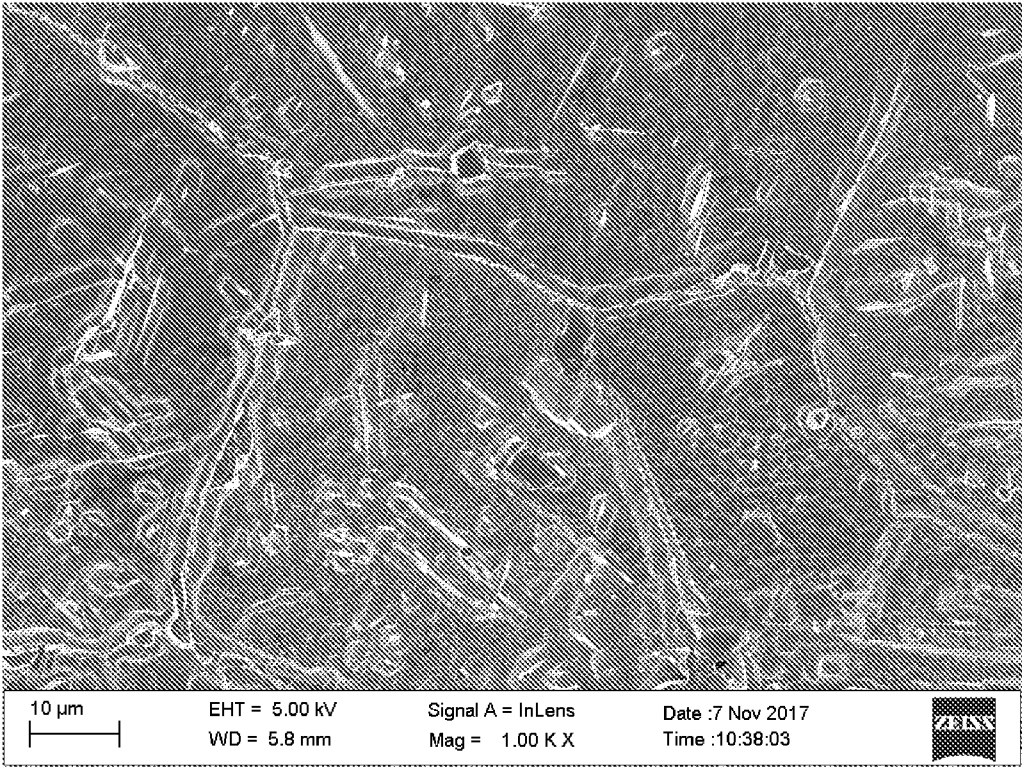


图 4

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/CN2020/095963

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

C22C 19/05(2006.01)i; C22C 1/02(2006.01)i

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

C22C 19, C22C 1

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

EPODOC, JPABS, CNABS, CNKI: 铬, 钴, 钛, 钼, 钨, 硅, 锰, 铌, 碳, 铁, 均匀化, 轧制, Cr, chrome, Co, cobalt, Ti, titanium, Al, aluminum, W, tungsten, Si, silicon, Mn, manganese, Nb, niobium, C, carbon, Fe, ferri, homogenis+, roll+

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
PX	CN 110157954 A (CHINA HUANENG GROUP.,LTD. et al.) 23 August 2019 (2019-08-23) claims 1-8	1-8
X	CN 105014258 A (BEIJING BEIYE FUNCTIONAL MATERIALS CORPORATION) 04 November 2015 (2015-11-04) claims 1-2, description paragraphs 0015-0017	1,
Y	CN 105014258 A (BEIJING BEIYE FUNCTIONAL MATERIALS CORPORATION) 04 November 2015 (2015-11-04) claims 1-2, description paragraphs 0015-0017	2-8
Y	CN 105112728 A (CENTRAL IRON & STEEL RESEARCH INSTITUTE) 02 December 2015 (2015-12-02) claims 1 and 2	2-8
A	CN 106435281 A (TAIYUAN IRON & STEEL (GROUP) CO., LTD.) 22 February 2017 (2017-02-22) entire document	1-8
A	US 2012164020 A1 (HITACHI LTD et al.) 28 June 2012 (2012-06-28) entire document	1-8



Further documents are listed in the continuation of Box C.



See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

“A” document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

“E” earlier application or patent but published on or after the international filing date

“L” document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

“O” document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

“P” document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

“T” later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

“X” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

“Y” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

“&” document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

09 September 2020

Date of mailing of the international search report

23 September 2020

Name and mailing address of the ISA/CN

China National Intellectual Property Administration (ISA/CN)
No. 6, Xitucheng Road, Jimenqiao Haidian District, Beijing 100088
China

Facsimile No. (86-10)62019451

Authorized officer

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.

PCT/CN2020/095963

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)		Publication date (day/month/year)
CN	110157954	A	23 August 2019	CN	110157954	B 21 April 2020
CN	105014258	A	04 November 2015	None		
CN	105112728	A	02 December 2015	CN	105112728	B 22 March 2017
CN	106435281	A	22 February 2017	CN	106435281	B 30 October 2018
US	2012164020	A1	28 June 2012	US	9034248	B2 19 May 2015
				CN	102534309	A 04 July 2012
				EP	2471965	A1 04 July 2012
				JP	2012140663	A 26 July 2012
				US	9574451	B2 21 February 2017
				EP	2471965	B1 01 May 2013
				JP	5296046	B2 25 September 2013
				US	2015218952	A1 06 August 2015

国际检索报告

国际申请号

PCT/CN2020/095963

A. 主题的分类 C22C 19/05 (2006.01)i; C22C 1/02 (2006.01)i 按照国际专利分类(IPC)或者同时按照国家分类和IPC两种分类																							
B. 检索领域 检索的最低限度文献(标明分类系统和分类号) C22C 19, C22C 1 包含在检索领域中的除最低限度文献以外的检索文献 在国际检索时查阅的电子数据库(数据库的名称, 和使用的检索词(如使用)) EP0DOC, JPABS, CNABS, CNKI: 铬, 钴, 钛, 铝, 钨, 硅, 锰, 铌, 碳, 铁, 均匀化, 轧制, Cr, chrome, Co, cobalt, Ti, titanium, Al, aluminum, W, tungsten, Si, silicon, Mn, manganese, Nb, niobium, C, carbon, Fe, ferri, homogenis+, roll+																							
C. 相关文件 <table border="1"> <thead> <tr> <th>类 型*</th> <th>引用文件, 必要时, 指明相关段落</th> <th>相关的权利要求</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>PX</td> <td>CN 110157954 A (中国华能集团有限公司 等) 2019年 8月 23日 (2019 - 08 - 23) 权利要求1-8</td> <td>1-8</td> </tr> <tr> <td>X</td> <td>CN 105014258 A (北京北冶功能材料有限公司) 2015年 11月 4日 (2015 - 11 - 04) 权利要求1-2, 说明书0015-0017段</td> <td>1</td> </tr> <tr> <td>Y</td> <td>CN 105014258 A (北京北冶功能材料有限公司) 2015年 11月 4日 (2015 - 11 - 04) 权利要求1-2, 说明书0015-0017段</td> <td>2-8</td> </tr> <tr> <td>Y</td> <td>CN 105112728 A (钢铁研究总院) 2015年 12月 2日 (2015 - 12 - 02) 权利要求1和2</td> <td>2-8</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>CN 106435281 A (太原钢铁集团有限公司) 2017年 2月 22日 (2017 - 02 - 22) 全文</td> <td>1-8</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>US 2012164020 A1 (HITACHI LTD 等) 2012年 6月 28日 (2012 - 06 - 28) 全文</td> <td>1-8</td> </tr> </tbody> </table>			类 型*	引用文件, 必要时, 指明相关段落	相关的权利要求	PX	CN 110157954 A (中国华能集团有限公司 等) 2019年 8月 23日 (2019 - 08 - 23) 权利要求1-8	1-8	X	CN 105014258 A (北京北冶功能材料有限公司) 2015年 11月 4日 (2015 - 11 - 04) 权利要求1-2, 说明书0015-0017段	1	Y	CN 105014258 A (北京北冶功能材料有限公司) 2015年 11月 4日 (2015 - 11 - 04) 权利要求1-2, 说明书0015-0017段	2-8	Y	CN 105112728 A (钢铁研究总院) 2015年 12月 2日 (2015 - 12 - 02) 权利要求1和2	2-8	A	CN 106435281 A (太原钢铁集团有限公司) 2017年 2月 22日 (2017 - 02 - 22) 全文	1-8	A	US 2012164020 A1 (HITACHI LTD 等) 2012年 6月 28日 (2012 - 06 - 28) 全文	1-8
类 型*	引用文件, 必要时, 指明相关段落	相关的权利要求																					
PX	CN 110157954 A (中国华能集团有限公司 等) 2019年 8月 23日 (2019 - 08 - 23) 权利要求1-8	1-8																					
X	CN 105014258 A (北京北冶功能材料有限公司) 2015年 11月 4日 (2015 - 11 - 04) 权利要求1-2, 说明书0015-0017段	1																					
Y	CN 105014258 A (北京北冶功能材料有限公司) 2015年 11月 4日 (2015 - 11 - 04) 权利要求1-2, 说明书0015-0017段	2-8																					
Y	CN 105112728 A (钢铁研究总院) 2015年 12月 2日 (2015 - 12 - 02) 权利要求1和2	2-8																					
A	CN 106435281 A (太原钢铁集团有限公司) 2017年 2月 22日 (2017 - 02 - 22) 全文	1-8																					
A	US 2012164020 A1 (HITACHI LTD 等) 2012年 6月 28日 (2012 - 06 - 28) 全文	1-8																					
☐ 其余文件在C栏的续页中列出。 ☒ 见同族专利附件。																							
<table border="0"> <tr> <td> * 引用文件的具体类型: “A” 认为不特别相关的表示了现有技术一般状态的文件 “E” 在国际申请日的当天或之后公布的在先申请或专利 “L” 可能对优先权要求构成怀疑的文件, 或为确定另一篇引用文件的公布日而引用的或者因其他特殊理由而引用的文件(如具体说明的) “O” 涉及口头公开、使用、展览或其他方式公开的文件 “P” 公布日先于国际申请日但迟于所要求的优先权日的文件 </td> <td> “T” 在申请日或优先权日之后公布, 与申请不相抵触, 但为了理解发明之理论或原理的在后文件 “X” 特别相关的文件, 单独考虑该文件, 认定要求保护的发明不是新颖的或不具有创造性 “Y” 特别相关的文件, 当该文件与另一篇或者多篇该类文件结合并且这种结合对于本领域技术人员为显而易见时, 要求保护的发明不具有创造性 “&” 同族专利的文件 </td> </tr> </table>			* 引用文件的具体类型: “A” 认为不特别相关的表示了现有技术一般状态的文件 “E” 在国际申请日的当天或之后公布的在先申请或专利 “L” 可能对优先权要求构成怀疑的文件, 或为确定另一篇引用文件的公布日而引用的或者因其他特殊理由而引用的文件(如具体说明的) “O” 涉及口头公开、使用、展览或其他方式公开的文件 “P” 公布日先于国际申请日但迟于所要求的优先权日的文件	“T” 在申请日或优先权日之后公布, 与申请不相抵触, 但为了理解发明之理论或原理的在后文件 “X” 特别相关的文件, 单独考虑该文件, 认定要求保护的发明不是新颖的或不具有创造性 “Y” 特别相关的文件, 当该文件与另一篇或者多篇该类文件结合并且这种结合对于本领域技术人员为显而易见时, 要求保护的发明不具有创造性 “&” 同族专利的文件																			
* 引用文件的具体类型: “A” 认为不特别相关的表示了现有技术一般状态的文件 “E” 在国际申请日的当天或之后公布的在先申请或专利 “L” 可能对优先权要求构成怀疑的文件, 或为确定另一篇引用文件的公布日而引用的或者因其他特殊理由而引用的文件(如具体说明的) “O” 涉及口头公开、使用、展览或其他方式公开的文件 “P” 公布日先于国际申请日但迟于所要求的优先权日的文件	“T” 在申请日或优先权日之后公布, 与申请不相抵触, 但为了理解发明之理论或原理的在后文件 “X” 特别相关的文件, 单独考虑该文件, 认定要求保护的发明不是新颖的或不具有创造性 “Y” 特别相关的文件, 当该文件与另一篇或者多篇该类文件结合并且这种结合对于本领域技术人员为显而易见时, 要求保护的发明不具有创造性 “&” 同族专利的文件																						
国际检索实际完成的日期 2020年 9月 9日		国际检索报告邮寄日期 2020年 9月 23日																					
ISA/CN的名称和邮寄地址 中国国家知识产权局(ISA/CN) 中国北京市海淀区蓟门桥西土城路6号 100088 传真号 (86-10)62019451		授权官员 彭敏 电话号码 86-010-62084744																					

国际检索报告
关于同族专利的信息

国际申请号

PCT/CN2020/095963

检索报告引用的专利文件			公布日 (年/月/日)	同族专利	公布日 (年/月/日)
CN	110157954	A	2019年 8月 23日	CN 110157954 B	2020年 4月 21日
CN	105014258	A	2015年 11月 4日	无	
CN	105112728	A	2015年 12月 2日	CN 105112728 B	2017年 3月 22日
CN	106435281	A	2017年 2月 22日	CN 106435281 B	2018年 10月 30日
US	2012164020	A1	2012年 6月 28日	US 9034248 B2	2015年 5月 19日
				CN 102534309 A	2012年 7月 4日
				EP 2471965 A1	2012年 7月 4日
				JP 2012140663 A	2012年 7月 26日
				US 9574451 B2	2017年 2月 21日
				EP 2471965 B1	2013年 5月 1日
				JP 5296046 B2	2013年 9月 25日
				US 2015218952 A1	2015年 8月 6日