



# 高温下的强度与耐磨耗性优异的镍基双重复相金属间化合物合金（镍基超超合金）

大阪府立大学 研究生院 工学研究科 教授 金野 泰幸

## 【背景与目的】

工具钢等钢铁材料达到500℃以上后就会软化。WC-Co超硬合金达到500℃以上后，键合相的Co也会软化，如果达到700℃以上，就会引起WC氧化，特性劣化。陶瓷耐冲击载荷及耐热应力弱，制作大型部件成本也高。因此，要求**开发在高温下也能维持高的强度与硬度的耐热材料**。

## 【研究的概要】

通过既发挥2种金属间化合物的优点又弥补缺点的多相组织化，开发出了兼具作为结构材料所需的延韧性与高温高强度的**世界首创的双重复相金属间化合物（镍基超超合金）**。本合金的硬度随着温度上升而下降得小，耐腐蚀性、抗氧化性也优异，因此作为在高温或者耐腐蚀环境下使用的高耐磨材料，具有很大的潜力。此外，我们还面向实用化研究开发着各种熔化铸造工艺及粉末冶金工艺、堆焊及热喷涂等的制造工艺。

## 【研究的特征】

- 高温强度大。
- 高温硬度优异。
- 耐腐蚀性，抗氧化性也良好。
- 能够适用**熔化铸造、粉末冶金、堆焊及热喷涂**等传统金属制造技术。
- 能够通过合金化和组织控制，应对**多样化的用途**。

## 【研究的适用领域】

- 热轧锻造用模具等的耐热刀具
- **摩擦搅拌接合用(FSW)工具**
- 高温用轴承等的耐热滑动零部件
- 高温用螺栓、螺母等紧固零部件
- 涡轮叶片等的耐热结构部件
- 高温传感器等的高功能零部件

## 【使用开发合金的试制品例】



FSW工具



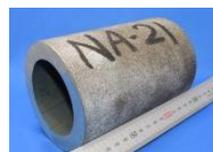
锻造模具



超耐热球轴承



堆焊辊



离心铸造件



熔模铸造件

大阪府立大学 研究推进本部 URA中心

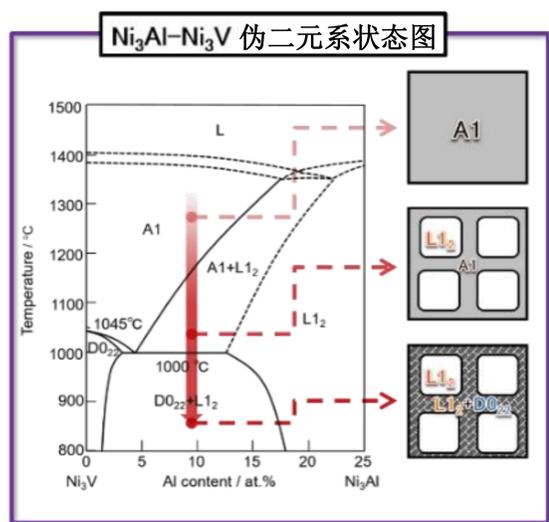


# 高温下的强度与耐磨耗性优异的镍基双重复相金属间化合物合金（镍基超超合金）

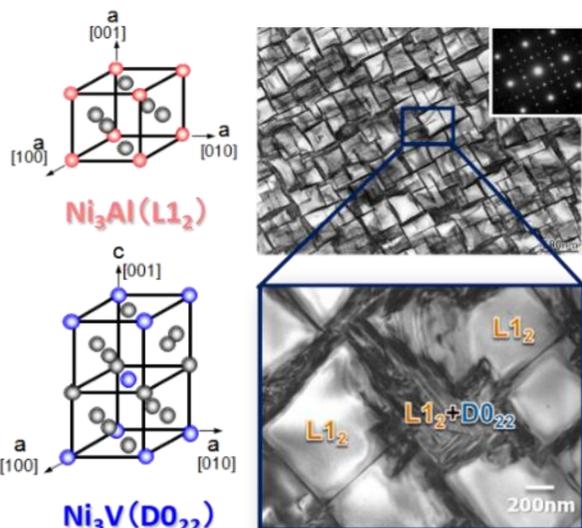
大阪府立大学 研究生院 工学研究科 教授 金野 泰幸

## 【研究的内容】

### 镍基超超合金



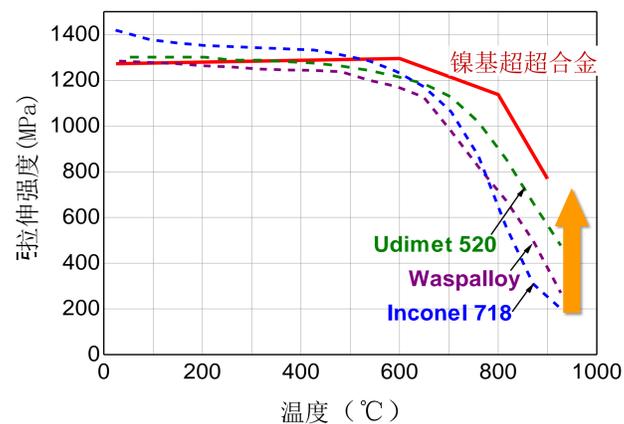
双重复相组织的形成原理



双重复相组织的TEM照片

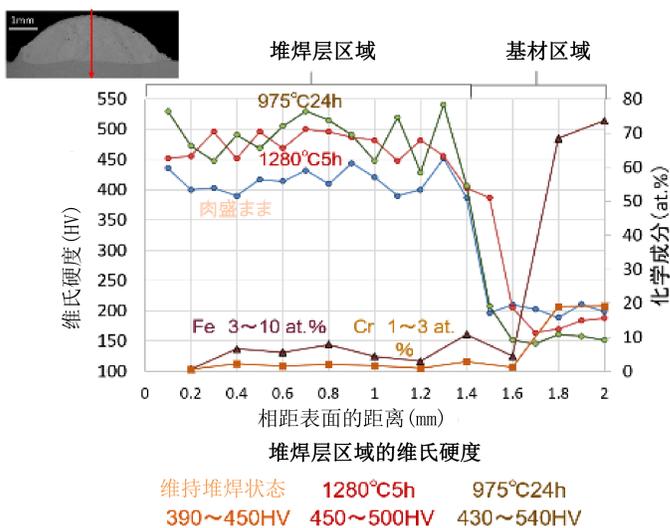
2种金属间化合物相 $Ni_3Al$ 与 $Ni_3V$ 被双重层化，以微细、整合配置的双重复相组织为特征的新耐热合金

### 高温拉伸强度



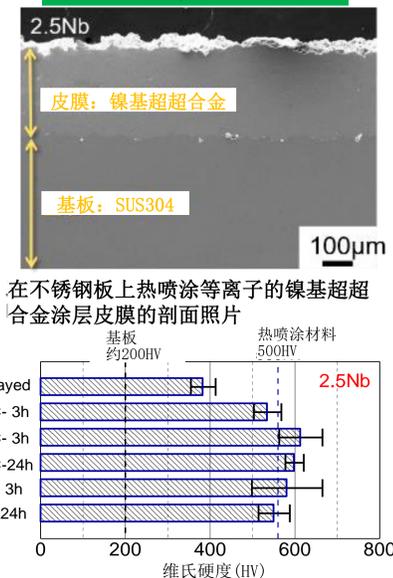
在900°C约800MPa的拉伸强度  
在900°C的拉伸强度：Inconel 718的3倍以上，Waspalloy的1.5倍，Udimet 520的1.3倍

### 激光堆焊

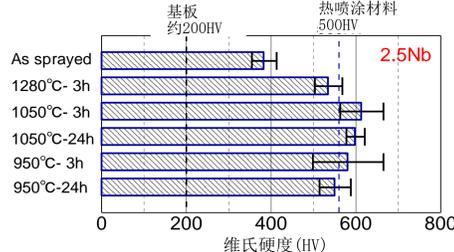


维持堆焊状态  
1280°C5h 975°C24h  
390~450HV 450~500HV 430~540HV

### 热喷涂（低压等离子）

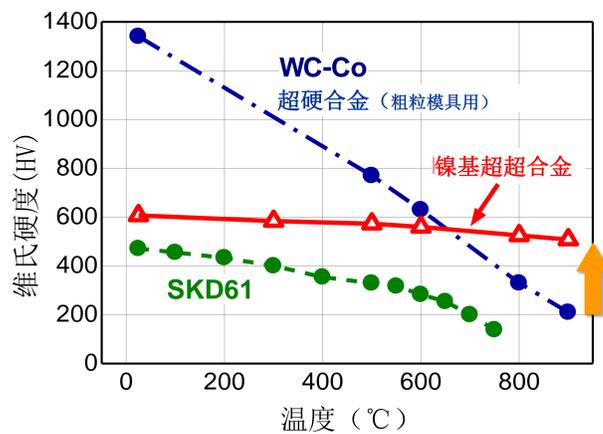


在不锈钢板上热喷涂等离子的镍基超超合金涂层皮膜的剖面照片



热处理后皮膜的硬度上升

### 高温硬度

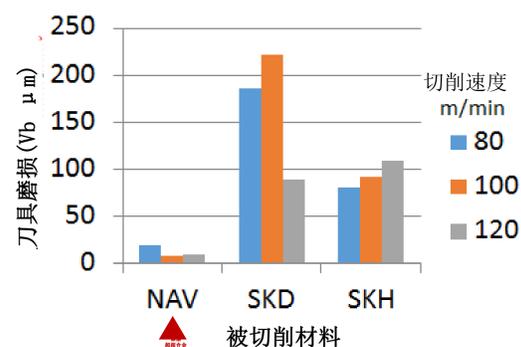


在700°C以上超过超硬合金的硬度

### 专利

共通	申请人	大阪府立大学
	发明人	金野 泰幸、隆幸 高杉
专利①	发明名称	含有由双重复相组织构成的V以及Ti的 $Ni_3Al$ 基金属间化合物及其制造方法、耐热结构材料
	专利号	日本国专利第5127144号（2006年2月15日申请）
专利②	发明名称	含有V以及Nb、且具有双重复相组织的 $Ni_3Al$ 基金属间化合物及其制造方法、耐热结构材料
	专利号	日本国专利第5146935号（2006年12月21日申请）
专利③	发明名称	具有高硬度的镍基金属间化合物合金
	专利号	日本国专利第5162492号（2009年2月13日申请）

### 切削刀具磨损



刀具磨损比现行工具钢还小  
工具：AC510U 住友电工制涂层刀尖  
条件：吃刀深度 0.2mm 进给速度 0.1mm/rev

大阪府立大学 研究推进本部 URA中心