

التصنيع الدقيق لدى EPTEK | الصب الدقيق وتجهيزات تصنيع المواد المركبة

ما بعد الألواح المصقوفة

EPTEK PRECISION CAST TOOLING

من الألواح المصقوفة إلى الصب المتكامل القريب من الشكل النهائي

نماذج السيارات • قوالب وتجهيزات الطيران والفضاء • تجهيزات التثبيت الدقيقة



وصلات أقل وبقين أكبر.

أنظمة EPTEK غير المعدنية لصناعة النماذج والقوالب: الصب والمعالجين والرغوة الصلبة.

البناء بالألواح ملصقة

صب دقيق لقطعة واحدة

تشغيل خامة مصبوبة متكاملة باستخدام CNC خماسي المحاور، دون وصلات ألواح ملصوقة ويسطح أملس ومتصل.

في تصميم نماذج السيارات والتحقق منها، وفي قوالب الطيران والفضاء وتجهيزاته الدقيقة، تحدد جودة الخامة مدى إمكان إعادة إنتاج الأسطح المعقدة بصورة متصلة ونقل أبعاد التصميم بدقة. كما تؤثر مباشرة في كفاءة عمليات اللصق والإصلاح والتشغيل الآلي اللاحقة.

للأجزاء الكبيرة والتجاويف العميقة والأشكال المعقدة، يلزم قص الألواح التقليدية إلى أجزاء متعددة ولصقها ومعالجتها قبل تشغيل التجميع كاملاً. وتؤدي الوصلات وطبقات اللاصق والتشطيب المتكرر إلى إطالة العملية وإدخال تفاوت في تجانس السطح وإحكام التفريغ والثبات الأبعادي طويل المدى.

طورَ EPTEK نظام الصب الدقيق للنماذج والقوالب لتجاوز أسلوب الألواح المصقوفة. انطلاقاً من بيانات 3D التي يقدمها العميل، تصمم تجويف صب مخصصاً وتنتج خامة متكاملة قريبة من الشكل النهائي، لينتقل تصنيع النماذج والقوالب المعقدة من تجميع الألواح إلى الصب الموحد.

«وصلات أقل، وثقة أكبر في التصنيع.» هذا هو المبدأ الذي يقوم عليه نظام EPTEK للصب الدقيق للنماذج والقوالب.

01 | أربعة قيود للألواح المصقوفة لصناعة القوالب

تُورَد ألواح صناعة القوالب التقليدية عادةً على هيئة ألواح مستطيلة قياسية. وتتطلب الأجزاء الكبيرة والتجاويف العميقة والقوالب ذات الأسطح الحرة المعقدة تخطيط توزيع الألواح وقصها وتشغيلها الخشن وتطبيق اللاصق وتجميعها وتثبيتها ومعالجتها وتشطيب الوصلات. وتظل الألواح القياسية مناسبة للأجزاء الصغيرة والمنتظمة، لكن قيودها تصبح أوضح مع زيادة حجم الجزء وتعقيد السطح ومتطلبات التفريغ.

● صعوبة إخفاء الوصلات المرئية

تختلف طبقات اللاصق عن الألواح في اللون والصلادة ومعامل التمدد الحراري والاستجابة للصنفرة. وحتى بعد الملء والصنفرة والطلاء، قد تظهر الوصلات مجدداً تحت التشطيبات عالية المعان وعلى أسطح الفئة A، أو بعد التعرض الطويل لتغير الحرارة، مما يضعف تجانس سطح نماذج التصميم والنماذج الأصلية والقوالب عالية الجودة.

● احتمال ضعف إحكام التفريغ

قد تخلق مناطق الوصلات وحواف اللاصق ومواقع اللصق غير المكتملة قنوات خفية أو فراغات دقيقة. وفي قوالب التشكيل بالتفريغ والنماذج الأصلية لتصنيف المركبات وتجهيزات التشذيب بالثبيث الفراغي، قد تتحول هذه العيوب إلى مسارات تسرب تقلل مستوى التفريغ أو تجعل احتفاظ النظام به غير مستقر.

● قد تحدّ خطوط اللصق من العمر التشغيلي

تمثل خطوط اللصق انقطاعات داخل البنية العامة. وقد تؤدي المناولة والتشغيل الآلي وأحمال التفريغ والأحمال الميكانيكية والدورات الحرارية المتكررة إلى انفصال موضعي أو تشقق أو فروق مستوى عند الوصلات، مما يزيد الحاجة إلى الإصلاح وإعادة المعالجة.

● كفاءة تصنيع أقل

يتطلب تجميع الألواح التقليدي قصها وتطبيق اللاصق وتموضعها وثبيتها ومعالجتها وإصلاح وصلاتها وإعادة تحديد مراجعها، ثم إزالة كمية كبيرة من المادة من خامه مستطيلة. أما الصب المتكامل القريب من الشكل النهائي، فيوزّع هامش التشغيل المطلوب حول الشكل النهائي، مما يقلل المادة الزائدة والعمل الخشن.

التصنيع باستخدام الألواح الملصوقة	تخطيط القطع والقص → تشغيل أولي خشن → لصق وثبيت → معالجة → إصلاح الوصلات → إعادة تحديد المراجع → إزالة كثيفة للمادة
الصب القريب من الشكل النهائي	بيانات 3D → تجويف مخصص → صب متكامل → تشغيل تشبوبي محدد

تظل الألواح القياسية خيارًا منطقيًا للأجزاء الصغيرة والمنتظمة. وتظهر عيوبها بصورة أوضح في القوالب الكبيرة والتجاويف العميقة والأسطح المعقدة وتطبيقات التفريغ والمشروعات ذات متطلبات المظهر الصارمة.

22 | الصب القريب من الشكل النهائي: مسار جديد لصناعة الخامة

يتبع نظام EPTEK للصبّ الدقيق للنماذج والقوالب مسار الصبّ القريب من الشكل النهائي المعترف به دوليًا: تُصبّ خامة ثلاثية الأبعاد قريبة من هندسة المنتج النهائية. وبالمقارنة مع الألواح المكسّسة والملصوقة، تقل إزالة المادة وزمن التشغيل باستخدام CNC وتآكل الأدوات ومخلفات الرايش، مع توفير سطح متصل دون وصلات ألواح. لا يقتصر التغيير على شكل المادة، بل يعيد تنظيم مسار صناعة الخامة كاملاً. من بيانات 3D وتصميم التجويف إلى الصبّ المتكامل والتشغيل الدقيق، تُوزّع المادة حول المحيط النهائي للمنتج. ولا تحتفظ الخامة إلا بهامش التشغيل المطلوب، ويمكن نقلها مباشرة إلى التشطيب باستخدام CNC أو التشغيل خماسي المحاور، مما يلغي قص الألواح ولصقها ومعالجتها وإصلاح وصلاتها.

خطوة العملية	الوصف
01 البيانات وتصميم قالب الصبّ	صمّم قالب صبّ مخصصًا انطلاقًا من بيانات 3D التي يقدمها العميل، مع تحديد هامش التشغيل ومواقع الأجزاء المدمجة ودوائر التفريغ وتفاصيل العملية الأخرى.
02 تشغيل التجويف	شغل تجويف الصبّ المصنوع من الرغوة باستخدام CNC لإعادة إنتاج هندسة المنتج بدقة، مع ضبط استهلاك المادة والاقتراب من المحيط النهائي.
03 الصبّ والمعالجة	صبّ البولي يوريثان السائل (@PUCAST) أو الإيبوكسي (@EPCAST)، ثم عالجها للحصول على بنية متكاملة. ويمكن استخدام دورات معالجة ومعالجة لاحقة على مراحل للأجزاء ذات المقاطع السمكية.
04 تشغيل تشبوبي محدود	أخرج الخامة المتكاملة من القالب مع هامش تشغيل محدود. ويكفي تشغيل تشبوبي خفيف للوصول إلى الجزء النهائي؛ وفي المشروعات المناسبة، قد ينخفض زمن التشغيل بأكثر من 50%.

تختار EPTEK نظام @PUCAST من البولي يوريثان أو @EPCAST من الإيبوكسي وفق حجم الجزء ودرجة حرارة الخدمة وصلادة السطح وأداء مقاومة الضغط والوزن ومتطلبات التشغيل. وقد تُستخدم المعالجة والمعالجة اللاحقة على مراحل للأجزاء السمكية أو عالية الدقة أو المخصصة للحرارة المرتفعة، لتقليل الإجهادات الداخلية وثبيت الخصائص النهائية.

23 | مقارنة الخامات المصبوبة بدقة بالألواح الملصوقة

لا تقتصر قيمة الصبّ الدقيق للنماذج والقوالب على استبدال لوح قياسي، بل تجعل هندسة الخامة الأولية أقرب بكثير إلى الهندسة النهائية.

المعيار	ألواح القوالب الملصوقة	EPTEK PRECISION CAST TOOLING
الثبات الأبعادي	قد تنشوه واجهات اللصق المتعددة بطرق مختلفة مع تغيير درجة الحرارة.	تساعد البنية المتكاملة المتصلة والتركيبية المضبوطة والمعالجة اللاحقة على انتظام الاستجابة البعدية.
إحكام التفريغ	قد تخلق خطوط اللصق والفراغات مسارات للتسرب، مما يصعب الحفاظ على أداء التفريغ.	يقلل انخفاض عدد واجهات الألواح من مسارات التسرب المحتملة.

المعيار	ألواح القوالب المصنوعة	EPTEK PRECISION CAST TOOLING
كفاءة التشغيل الآلي	يؤدي قص الألواح ولصقها ومعالجتها وإصلاح وصلاتها وتشغيلها الخشن المكثف إلى سلسلة طويلة من العمليات.	يقلل هامش التشغيل القريب من الشكل النهائي من مسارات إزالة المادة وتآكل أدوات القطع.
العمر التشغيلي	تُعدّ خطوط اللصق مناطق ضعيفة نسبيًا، وقد تنفصل أو تتشقق تحت الأحمال الحرارية والميكانيكية.	يتيح الاستغناء عن خطوط لصق الألواح تحسين العمر التشغيلي من خلال نظام المادة والكثافة والتصميم الإنشائي.
التكلفة الإجمالية	اقتصادي للأجزاء الصغيرة والمنتظمة، لكن تكاليف التجميع والتشغيل الخشن ترتفع بسرعة في القوالب الكبيرة.	يتطلب التجويف المخصص استثمارًا أوليًا، لكن التكلفة الإجمالية والمدة تصبحان أكثر قابلية للضبط للقوالب الكبيرة والمعقدة.

تعتمد وفورات الوزن وكفاءة التشغيل ومدة المشروع على حجم الجزء وكثافة المادة والتصميم الإنشائي وهامش التشغيل ومعايير القبول. وقد تظل الألواح القياسية أكثر اقتصادية للأجزاء الصغيرة والمنتظمة وشديدة الاستعمال؛ أما الصب المتكامل القريب من الشكل النهائي، فيكون عادةً أكثر كفاءة للأجزاء الكبيرة والأسطح المعقدة وإحكام التفريغ والتشطيبات عالية الجودة.

04 | تصميم السيارات ونماذجها وقوالبها

تمثل تطبيقات السيارات نحو 50% من مشروعات EPTEK للصب الدقيق للنماذج والقوالب. وتدعم التقنية المسار من التحقق الأولي من التصميم وتأكيد البيانات الهندسية إلى نماذج الأجزاء الداخلية والخارجية والنماذج الوظيفية وتجهيزات الفحص وقوالب الإنتاج المحدود.



نموذج تصميم سيارة: تساعد الخامة المصبوبة المتكاملة على إنتاج أسطح الفئة A دون وصلات.

● نماذج التصميم والنماذج الأصلية

مناسب لنماذج الشكل الخارجي الكامل للسيارة، وأجزاء الهيكل، والمصدات، والرفارف، والواجهات الأمامية والخلفية، والمفصلات الهوائية، وأقواس العجلات، والمصابيح، والشبكات، والمكونات الديناميكية الهوائية. وفي الأسطح الكبيرة والتجاويف العميقة والبنى غير المنتظمة، تقلل الخامة المتكاملة من خطر ظهور وصلات الألواح تحت الطلاء اللامع، وتدعم نقل النموذج الطيني إلى CAD ومراجعة أسطح الفئة A واعتماد التصميم النهائي.

● نماذج ضبط الأبعاد والتحقق من التجميع

يمكن استخدام بيانات السيارة أو التجميع الفرعي لصناعة نماذج ضبط الأبعاد والمطابقة والتحقق من التجميع، لفحص الفجوات وتساوي مستويات الأسطح والعلاقات بين الحدود وتوافق التركيب. ويُعدّ الثبات الأبعادي العالي والحفاظ الجيد على الحواف والتشطيب السطحي الناعم من متطلبات المادة الأساسية.

● نماذج وقوالب الأجزاء الداخلية والخارجية

تشمل التطبيقات لوحات العدادات وألواح الأبواب ووحدات الكونسول الوسطية وأعمدة الهيكل وبطانة السقف ومكونات المقاعد وكسوة حجرة الأمتعة والمصابيح وألواح هياكل مركبات الطاقة الجديدة. ويمكن استخدام المادة أيضاً لقوالب التشكيل بالتفريغ وRIM منخفض الضغط وقوالب الرغوة وتجهيزات الكسوة المرنة وقوالب المركبات للإنتاج المحدود.

● تجهيزات الفحص والتجميع ودعم المكونات

مناسب لتجهيزات فحص المحيط والتموضع ودعم التجميع، وقواعد القياس وتجهيزات العرض لألواح الهيكل والكسوة الداخلية والخارجية والمكونات الإنشائية. ويمكن صبّ الخامة قريباً من محيط الدعم المطلوب، ثم تشغيل ثقب مرجعية ودبابيس تموضع وكتل فحص وقطع معدنية مدمجة، لتحقيق توازن بين الدقة والوزن وسهولة المناولة.

05 | تطبيقات القوالب والتجهيزات في الطيران والفضاء

غالباً ما تكون أجزاء الطيران والفضاء المصنوعة من المركبات والصفائح المعدنية كبيرة ورقيقة الجدران ومنخفضة الصلابة، مع انحناءات معقدة ومتطلبات دقة صارمة. وتحتاج إلى تجهيزات مخصصة خلال التصفيف والتشكيل والتشذيب والثقب والفحص والتجميع. وتمثل تطبيقات الطيران والفضاء حالياً نحو 50% من مشروعات EPTEK للصبّ الدقيق للنماذج والقوالب.

تجهيزات كبيرة: مقارنة مراحل الإنتاج



تجهيزات كبيرة: مقارنة مراحل الإنتاج

قطعة أولية مصبوبة / قريبة من الشكل النهائي

تجهيز بعد التشغيل النهائي

خامة قالب كبير قبل التشغيل وبعده: نقل الخامة المصبوبة القريبة من الشكل النهائي من إزالة المادة مع الحفاظ على هامش تشغيل السطح المطلوب.

● النماذج الأصلية لصناعة قوالب المركبات

النموذج الأصلي مرجع عالي الدقة يُستخدم لصناعة قالب إنتاج من المركبات. ويمكن لـ EPTEK صبّ خامة متكاملة مباشرة من بيانات الجزء المركب أو القالب النهائي. وينتج التشغيل خماسي المحاور سطحاً متصلاً، تتبعه معالجة إحكام أو طلاء أو جل كوت أو مادة فصل. وتشمل التطبيقات النموذجية النماذج الأصلية لأسطح الأجنحة الكربونية وألواح بدن الطائرة والأبواب والأنسيابيات وأطراف الأجنحة والعوارض الرئيسية والأضلاع.

● للنماذج الأصلية لقوالب المركبات منخفضة أو متوسطة الحرارة، اختر نظام بولي يوريثان أو إيبوكسي بحسب مادة التصفيف ودرجة المعالجة وعدد الدورات الحرارية ومتطلبات الدقة.

● للنماذج الأصلية لقوالب المواد مسبقة التشريب، تحقق من درجة حرارة الانحراف تحت الحمل ومعامل التمدد الحراري ودورة المعالجة اللاحقة والتوافق مع نظام الجل كوت.

● تجهيزات التثبيت بالتفريغ والتشذيب

بعد المعالجة، تُثبّت الأجزاء المركبة عادةً على تجهيزات تثبيت بالتفريغ وتشذيب تطابق سطح الجزء. يكون نظام EPTEK للصبّ الدقيق جسم التجهيزة من خامة واحدة، ثم ينشئ التشغيل باستخدام CNC سطح المطابقة وأخاديد التفريغ ومجاري الهواء وأخاديد حشوات الإحكام ومراجع التموضع. وبخلاف التجهيزات المصنوعة من ألواح ملصوقة، لا تمر وصلات ألواح عبر سطح عمل الخامة المتكاملة، مما يقلل خطر تحول خطوط اللصق إلى مسارات تسرب.

● أجزاء نموذجية: أسطح أجنحة من ألياف الكربون، وألواح بدن الطائرة، والأبواب، والأنسيابيات، والألواح الساندويتش ذات القلب الخلوي، والمكونات الداخلية من المركبات.

● بعد التشغيل، أجر إحكاماً للسطح وفحصاً لاستمرارية حشوات الإحكام، واختبار تفريغ لكل منطقة، واختبار احتفاظ بالتفريغ للتجهيزة كاملة.

05 | تطبيقات القوالب والتجهيزات في الطيران والفضاء - متابعة

● خامات قوالب التشكيل بالشد وتشكيل الصفائح المعدنية

تحتاج أسطح الطائرات المصنوعة من الألومنيوم والأجزاء المعدنية رقيقة الصفائح إلى قوالب ذات أسطح دقيقة ومقاومة ضغط كافية ومقاومة تآكل جيدة أثناء الشد منخفض الحرارة والتشكيل بالشد والعمل اليدوي والتشكيل التصحيحي. وفي برامج التطوير والإنتاج المحدود والأسطح المعقدة، يمكن تشغيل قوالب الراتنج سريعاً بخمسة محاور، ويسهل مناولتها وتعديلها مقارنة بالخامات المعدنية.

● تجهيزات الفحص والتجميع

يتطلب فحص أجزاء الطيران والفضاء وتجميعها نقلاً موثقاً للمراجع وتموضعاً مطابقاً للمحيط وتثبيتاً قابلاً للتكرار. ويمكن استخدام نظام EPTEK للصبّ الدقيق لمقاييس المحيط والسطح وتجهيزات التموضع للتجميع وقواعد قوالب توجيه الثقب وتجهيزات اللصق. وتتيح الخامة المصبوبة المتكاملة صنع محيطات دعم معقدة بوزن منخفض نسبياً، مع إمكان دمج دبابيس التموضع والجلب والقطع الملولة وقواعد الكرات وعلامات القياس.

في مشروعات الطيران والفضاء، يجب التحقق من اختيار المواد ودورات المعالجة وفق درجة حرارة الخدمة وعدد الدورات الحرارية والدقة البعدية والتوافق مع الطلاء أو الجل كوت ومتطلبات التفريغ وخطة الفحص النهائي.

06 | مجموعة منتجات EPTEK

تقدم EPTEK مجموعة متكاملة من المواد والمعدات لتصميم السيارات وقوالب الطيران والفضاء وتجهيزات الدقة، بدءاً من الطين الزيتي ومواد القلب الخفيفة وألواح صناعة النماذج، وصولاً إلى خامات الصبّ الدقيق ومعاجين القوالب ومواد القلب القابلة للذوبان في الماء وأنظمة التشغيل خماسية المحاور.

فئة المنتجات	أبرز الخصائص والتطبيقات
®PUCAST خامات بولي يوريثان مصبوبة بدقة للنماذج والقوالب	معالجة سريعة وقابلية تشغيل ممتازة وتوليد غبار قليل وخيارات كثافة متعددة. مناسب لنماذج تصميم السيارات وتجهيزات الفحص والتجميع وتجهيزات التشذيب بالتفريغ والنماذج الأصلية لقوالب المركبات منخفضة الحرارة.
®EPCAST خامات إيبوكسية مصبوبة بدقة للنماذج والقوالب	ثبات أبعادي ممتاز وأداء جيد عند الحرارة المرتفعة وتمدد حراري منخفض. مناسب للنماذج الأصلية لقوالب المركبات الأعلى حرارة وقوالب المواد مسبقة التشريب وتجهيزات الفحص الدقيق.
®PUBOARD® / EPBOARD ألواح صناعة النماذج والقوالب	ألواح بولي يوريثان وألواح إيبوكسية مقاومة للحرارة العالية، للنماذج الصغيرة والقوالب السريعة وتجهيزات الفحص والنماذج الأصلية لقوالب المواد مسبقة التشريب.
®PUFOAM® / LBOARD مواد القلب الخفيفة	رغوة بولي يوريثان صلبة دقيقة الخلايا للنماذج الأصلية الكبيرة والخفيفة، والنماذج الأصلية لقوالب المركبات، والدعم الداخلي للبنى المطابقة للشكل.
®EPMOLD معاجين صناعة النماذج والقوالب	للطبقات السطحية على النماذج الأصلية الكبيرة، وتسوية الأسطح المعقدة وانسيابها، والتعديلات الموضعية، وصناعة القوالب بالتطبيق اليدوي أو الآلي.
®EPMOLD راتنجيات ومواد مسبقة التشريب للقوالب	أنظمة عالية الأداء لقوالب المركبات في الطيران والفضاء، بما فيها قوالب التشريب تحت التفريغ وقوالب المواد مسبقة التشريب وقوالب المركبات لدرجات الحرارة العالية.
iClay طين زيتي صناعي لنماذج التصميم	لتطوير تصميم السيارات والتحقق منه. قابل لإعادة التشكيل وسهل التشطيب لصناعة نماذج بأسطح الفئة A.
مواد القلب القابلة للذوبان في الماء	لتشكيل بنى مركبة مجوّفة ومعقدة. وبعد المعالجة، يمكن إزالة القلب بالماء، لتجاوز قيود فك القالب في أدوات القلب التقليدية.

استفسارات المشروعات

خامات مصبوبة دون وصلات، ونماذج وقوالب وتجهيزات تثبيت حسب الطلب

أرسلوا إلينا بيانات 3D الخاصة بكم. تستطيع EPTEK توفير الحل الكامل، من الخامة المصبوبة بدقة إلى الجزء النهائي المشغل بخمسة محاور.