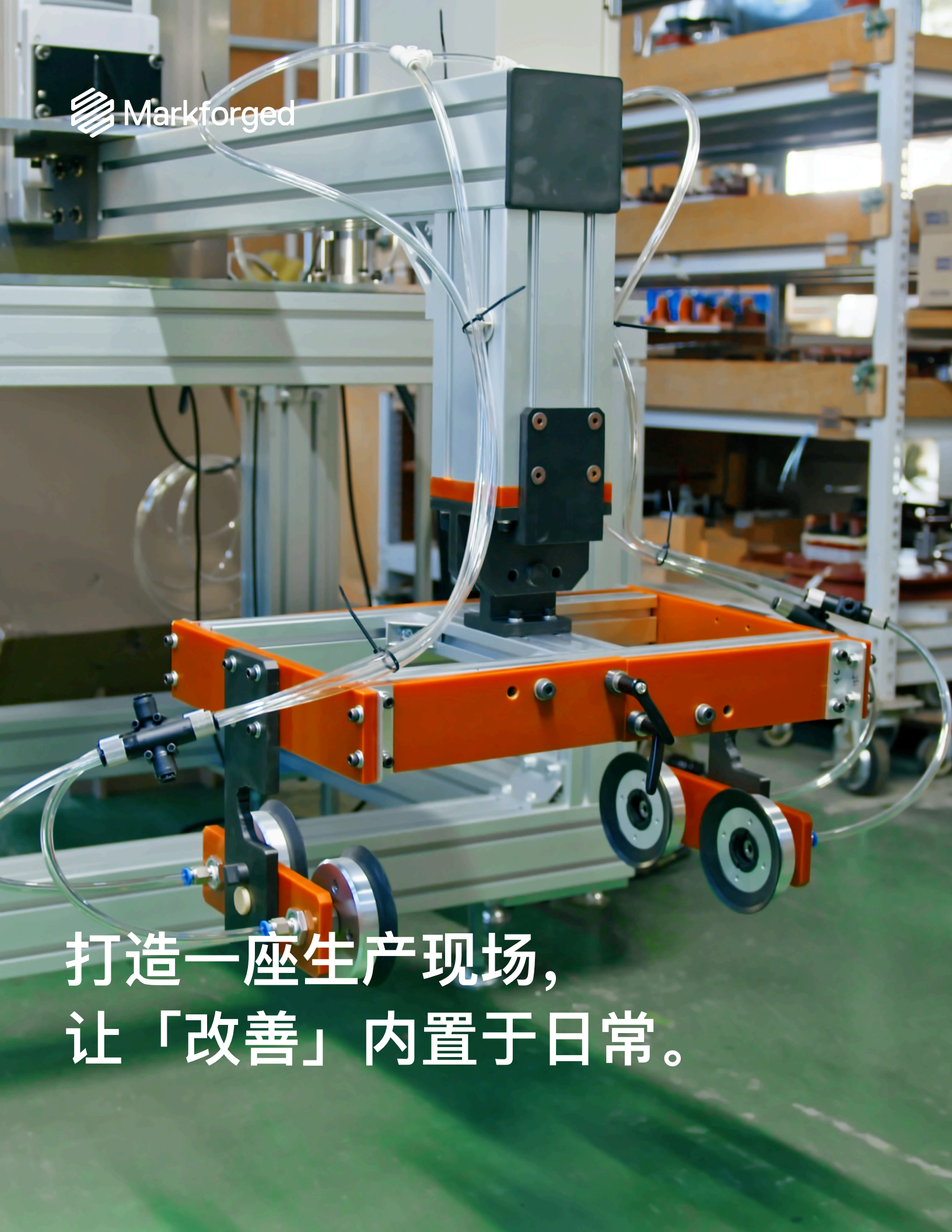

Markforged
打造一座生产现场，
让「改善」内置于日常。

客户案例

Markforged

Yamaha Fine Technologies Co., Ltd.

YAMAHA
Make Waves

Yamaha Fine Technologies Co., Ltd. 是 Yamaha Corporation 旗下企业，以钢琴涂装工艺为基础，制造汽车内饰件。在日本国内为数不多的实木内饰件制造商中，该公司被公认为领导厂商之一。

自从 Markforged X7 进入生产现场，该公司把更多制作转为自制，夹具尤其如此。此后，现场问题的应变速度提升、改善循环加快，停机风险也随之降低。这不仅让高质量设计得以稳定量产，更成为一个「把现场改善从临时补救，转变为前瞻性挑战」的基础。

挑战

精密的生产体系与严苛的标准

该公司的业务，是向各家 OEM 提案设计概念，接单后建立工艺，把概念变成站得住脚的工业产品，并稳定供应内饰件。其独到之处，在于能把木材这种天然材料，做成站得住脚的工业产品。木材的纹理与外观会因产地与环境条件而异，因此制造的核心课题，就是让工业产品要求的尺寸精度、外观一致性与质量稳定度，与天然材料与生俱来的变异取得平衡。



将本身带有变异的材料，导入符合工业标准的规格。制造必须在以小数点计算的公差内完成。

「我们做的事非常接近工艺，却必须把它变成工业产品。难就难在这里。」

黑木先生负责生产技术，现场所有生产技术课题都由他一手包办，包括产线启动所需设备的引进与改造、工装夹具设计，以及尺寸质量的稳定化对策。

「首要之务，
就是绝不让设备停下来。」

在量产中，设备一旦停下，就会引发连锁反应——不只是恢复运行本身，还有恢复运行后的质量确认、换线换模，以及人员的返工。面对木材这种本身就带变异的材料，公司不仅要做出设计质量一致的成品，还必须在不中断的前提下量产。这是一个在极严格的公差范围内，同时被要求质量与数量的生产环境。



黑木先生，生产技术负责人

导入前的课题

「现场每次需要夹具或辅具，公司内外都会产生工时与等待。设计、发包加工、采购、等待交货——整条流程我们自己收不了尾。结果，改善要落地所花的时间，就成了很大的课题。就算发生非预期停机，有时也没办法立刻取得替换件，恢复生产因此延后。」

机械加工需要事前的装夹设置，还要准备与挑选刀具和材料，这些都仰赖经验与 know-how。

于是，PDCA 循环能跑得多有效，就出现了上限——想改善马上就试，又不想让体系过度依赖个人本事，两者难以兼顾。

「就算提出了改善提案，落实前的等待太长，改善的热度也就慢慢冷掉了。我认为这不只是时间的问题，对整个组织来说，更是失去了学习的机会。」

此外，要打破「3D 打印机只能做原型」的既定印象，我们必须建立务实的概念验证，包含质量保证与运作设计在内。

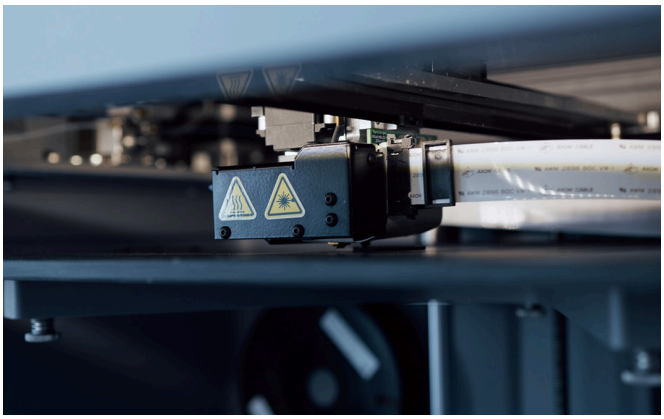
解决方案

相遇的契机与选择的理由

公司第一次接触 Markforged，是在 2019 年前后的一场展会。

「当然，质量好到可以把夹具直接用在实际生产设备上，而不只是做原型，这是关键。但我们会考虑他们，还有另一个原因：在市面上买得到的产品里，Markforged 是唯一提供连续碳纤维线材的厂商。」黑木先生说明。

「打印尺寸的大小，以及 Markforged 自家切片软件带来的操作便利性，也很吸引人。我们确实考虑过更便宜、更小的机型，但打印体积不足以应付夹具用途。所以我们在公司内部说明 X7 的必要性，推动导入。不过导入后，我们没办法立刻把它完全用在量产上。与其马上拿来做夹具，我们先做了各种试件，花了大约半年反复验证：这台机器做得到什么、要怎么用才有效。」



有了 X7，现场的交付周期缩短、替换成本降低，改善循环也更快。

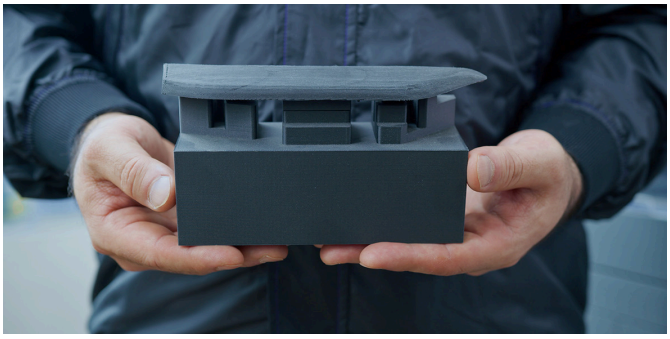
他们并不是什么都拿 X7 来做，而是通过一体成型打印、打印方向、纤维增强与设计手法的实验，累积内部 know-how，把用法优化。他们为打印方向、壁厚与纤维增强制定设计准则，再依需要搭配后处理、嵌件与金属加强衬板，把 X7 用得炉火纯青。

「我们之所以能这样反复试错，是因为从发现该改善，到真的动手验证，中间可以很快。」

导入之后，夹具制作的交付周期——过去外包要好几天到好几周——已缩短到最快当天就能交货的程度。

这让突发状况的复原速度提升，也建立起把产线冲击降到最低的机制。Markforged 真正的价值，不只在于零件做得快，而在于现场任何一个人，都能在短时间内稳定做出「质量堪用的零件」。

这次导入最根本的价值，是把原本容易依赖个人本事的改善活动，转化成整个组织都撑得起来的一套机制。



要用有限人力撑起量产运作，硬件伙伴不可或缺。

「目前 X7 一年运转大约 2,000 小时。现阶段会操作的只有三、四个人，但我们打算把人数再往上加。」

实际在做的零件包括定位夹具、导向件、临时固定夹具、检查辅具、防护罩，以及配线 / 配管导向件——都是能立刻在现场见效的零件。

「我们从风险相对低的地方开始，优先挑效益看得见、又能横向展开的应用。这样公司里的人才能很快理解这笔投资的价值。」

人人都能上手，人人都能受益

此外，就运作面而言，切片软件好不好用是关键。Markforged 的软件内置已优化的打印条件，设计上不必调参数就能稳定打印。黑木先生表示：

「不用想太多就能用，这是很大的优点。」

他说明，设置自由度太高，反而会因人而异、条件不一致，质量跟着跑掉；Markforged 的系统则让任何人都能做出质量一致的零件，很适合现场运作。对现场来说，好处不只是省钱。举例来说，曾有一个夹具原本重 22 公斤，减到约 12 公斤。

「夹具轻量化是我们的重点目标之一。减少搬重物的负担，直接关系到作业性与安全。有些金属夹具超过 40 公斤，我们非常希望能把它减轻。」



直观的操作，让任何人都能成为操作者。

KPI 总览 — 导入 Markforged X7 的成效

KPI 项目	导入前	导入后	改善幅度
工装夹具交付周期	约 7 天	1 天	85% 缩短 ↓
工装夹具成本	100%	约 25%	75% 降低 ↓
改善循环	以周为单位	当日 / 隔日就出 Ver.2	PDCA 循环加速 ↗
紧急应变	等待外包零件	立即打印替换件	复原应变力提升 ↗
应用范围	原型 / 低风险夹具	用于 24/7 产线的零件	拓展至实际量产应用 ↗

未来展望

谈到未来的发展，公司打算把重心从「做得快」转向「可重现的稳定运作」。具体来说，目标是针对每一类夹具，建立设计基准、材料选用准则与评估方法，形成一套可以横向套用的框架。

此外，对于年产量低的零件——例如选配件——公司正在考虑用树脂打印，取代传统开高价模具的做法。

「接下来的时代，我认为不必只为了开模就花上数百万日元，一定有别的选项。这种时候，如果能用 3D 打印部分取代，那就再理想不过。」他说。

谈到更远的愿景，他说：「我们希望让现场的人，能把脑中想的形状原原本本做出来，再带回现场做改善。」

目的不是让生产技术部门独自扛起改善责任，而是让第一线人员自己更容易把改善构想化为实体。同时他也提醒，这不代表放着不管；生产技术端仍必须一边盯着质量与变异的风险，一边提供支持。

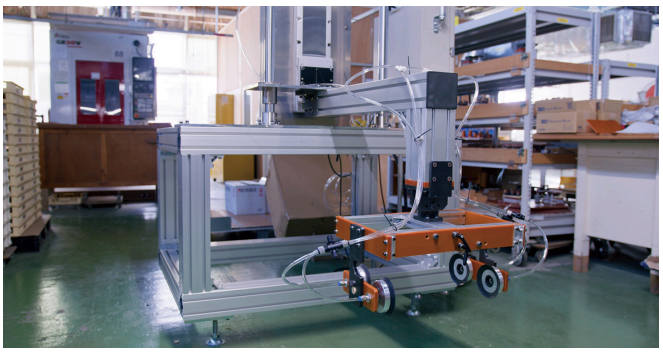
「东西谁都做得出来，对吧？但要拉到设计的层次——像是把零件组合起来提高刚性或强度——就不是每个人都办得到。所以我希望能看到更多带头做现场改善的人。要凭经验突然想出点子并不容易，例如机构知识，或是零件怎么分割、怎么堆叠。从这个意义上，我相信只要具备一定知识与经验的人陆续出现，这些改善就能横向扩展开来。」

这套系统的导入，也让夹具的设计思维发生转变。过去的设计前提是：在制造期间夹具「绝对不能坏」，好把突发停机的风险压到最低。但现在，面对设备故障与现场提出的改善建议，公司已经有能力在当天就发布更新版本。

「我们已经从『假设它不会坏』的设计，转向另一种思维：一开始就把容易磨耗的部位，设计成方便更换。」

从「不能坏」到「好改善」。
X7 改变了夹具设计。

此外，公司也开始探讨夹具本身形状的改变——这是将近 25 年来都没有大幅修改过的东西。他们正运用增材制造（AM）独有的设计自由度，验证这些夹具能否实际投入量产使用。



因夹具而得以实现的新设备。

「随着整个汽车开发的交付周期越来越短，供应链也被要求要能快速跟上设计与工艺的变更。要应付这类非预期的外部变化，平时就维持『夹具与辅具随时能快速重做』的状态，已经成为支撑质量、交期与量产稳定度的关键。」

最后，我们问黑木先生，是什么在驱动他。

「我想创造一种状态：让大家能把力气花在真正重要的判断与质量上，最后带来稳定的质量，以及承接新工作的机会。为了做到这件事，我不怕采用新技术。」

导入 Markforged X7，不只是一笔资本支出。它建立起一个「制造根基」：让现场能自己思考、立刻把想法做出来，并持续推动改善。一座不停下来的现场，一场不停止的改善。Yamaha Fine Tech 的实践，正在为制造业的未来立下新的标准。