GABRIEL PANKOW

欧 7 标准：通快激光器助力减少刹车粉尘

□洲要终□“□通刹车”□原因是刹车磨损造□的精细粉尘排放过多。汽车厂商想要在欧洲销售汽 □，□在就必须攻克此难题。**Nagel** □□开发的设备可对刹车盘实□激光涂层，使其几乎无磨损。其中就有两项光束成 □方□的诀窍显著□□了该工艺的效率。

□部分的精细粉尘污染并非□自尾气。在车辆行驶过程中，有高达 70% □精细粉尘来源于轮□、□装路面以及刹车的磨损。□能源汽车也不外如是。据欧盟环境署（EEA□估计，每年约有 25 万名欧洲居民□精细粉尘污染过高而□早死亡。此前欧标排放标□仅对汽油车和柴油车的尾气排放进行了规范。而随 □欧 7 标准的出台，欧盟首次将监管范围扩大到了 □有乘用车的轮胎与刹车系统。所有要 □ 2026 □后继□在欧盟销售新车的汽车厂□，现在都必须迅速想□对策，看如何才能将刹车□统排放的精细粉尘减少 80%。

□巨□□

Claus-Ulrich Lott 博士现□ Nagel □司□总□理。在他踱步穿过主□房□片充满阳光且老旧的区域□一一列举道□“□□方□应该具备什么条件？首先□要满足欧盟标准。几乎无磨损。这 □毋庸置疑的。□二□就是要成□□廉。刹车是大量生产的产□，因此单件价格是关键因素，哪怕成本只有几分钱 □差□。第三点则是它必须尽可□地无缝融入现有的生产流程。”Lott □士在刹车盘试生产设备前停下了脚步 □“□此，我们决定制造一台可为刹车盘施加超□涂层的机床□”

> “涂层工□的经济□在于以尽□能少的□末实现加□目标。”
>
> Claus-Ulrich Lott □□□Nagel Maschinen- und Werkzeugfabrik GmbH □□□

□机床圆台上，一块铸铁材□的乘用车刹车盘在激光加工头和七个粉末输送喷嘴□旋□。高速激光金属熔覆单元□即所谓的 NaCoat，**其能够涂覆两层材料。首先**□ 0.1 毫米厚的不锈钢附着层。其上又会被涂覆 0.2 □米厚的功能□，该层充满了超硬的碳化□颗粒。Lott □释说：“□过□十□□加工后，表面涂层在显 □镜下看起来就像一块裹着整颗坚果的巧克力：坚硬颗粒从 □层中突起□” “□这种状态还不足以□少□细粉尘的排放□”

□以刹车盘还会被送入 NaGrind 磨床之中，然□由 36 □金刚石□具将其打磨光滑。至此，超硬汽车刹车盘才算制造 □成□耐磨层的硬度约为标准铸□刹车盘的十倍，使用寿命也大幅延 □□

左图是一台碟片激光器为两套高速涂层系统提供激光能□；右图是刹车盘正接受最后打磨。

——— □键□□激□束

Lott □示□"所以为刹车盘施加坚硬涂层的想法也就顺理□章□□但如何才能实现？"□三种工艺很快被排除□外□电化学涂□———太脏。热喷涂———□慢。冷喷□———太贵，而且还并不适合所有种类的刹车盘。由于清洁且□工时间短□Lott 最终选择了高速激□金属熔覆工艺，即所谓的 Laser Metal Deposition (HS-LMD)。

Lott □着□："当人们要将想法付诸实践时，问题才总是□正□□。比如说铸铁，它是一□对涂层不利的基材。"□层难以附着，因此需要消□大量粉末。"□粉□在□车盘的生产过程中最终会□到制造成本□ 60% 到 70%。□此我们的设备就必须高效□用粉末，换句话说就是要将输送来的粉末物尽其用 □"□么，Nagel 公司现在是如何□少粉末消耗的呢□

"我们在研发阶段就□通快展开了合作。双方在光束□形方面采用了双重技巧。"BrightLine Weld 光束成形技术会将激光功率划分为可独□调□的纤芯区和包层区，类似□既可中心喷水，也可环形喷水的花□。这样一来，□量□热量的输入就会被优化调□。一方面，刹车盘几乎不会发生变形。另一方面，□层□明显变薄，因此消耗的粉□也就更少。通快的双焦技术是降低粉末消耗的第二□关□：在粉末洒落到铸件之前□一部分激光束会稍微加热铸铁零件。这样□□，粉末就能够马上附着，□会被弹开并成为昂贵的□料□机床在涂覆过程中可□用□达 94% □□末。Nagel □司现已掌握了欧 7 标准低磨损刹车盘的□济制造方法□

得益于通快的 BrightLine Weld 解□方案，在粉末铺粉过程中，多达 94% 的粉末都会牢固附着在刹车盘上。

□能□车□车□的生□问题也被□带解决□

□载超硬刹车盘的新能源汽□于城市中安静穿行之时，除了几乎不会排放精细粉 □外□还给其驾驶员带了一项额□优势：进一步提升了新能源汽车的安全性。因为这 □涂□刹车盘具备抗腐蚀能力，□以无需担心生锈。而这对于新能源汽车来 □□对是一个好消息。新能源□车在日常行驶中主要依□动□回收进行制动。即通□电□反转在驱动链中产生阻力□从而完成车辆制动。机械刹车盘的使用频率因此就□得□低，久而久之就会生锈。

Lott □释□："如果某天你在高速公路上必须紧急制动，□刹□□已经生锈，那么脱落的□蚀颗粒就会严重增加制动距离，而这是非常严重的安全隐 □。" 而采用硬质□层刹车盘后，这种隐患便不复存在。

□具□效□和□保效□

Lott □士□□年半之前出任□ Nagel □司的□经理，并专注于转型和刹□盘业务。"我们此前的□务高度依赖内燃机，但该□域的业务正明显萎缩。通过为欧 7 □准设□的刹车盘解决方案，我们希望□出一种不涉及驱动系统的产□，同时继续深耕于我们最□悉的行业□"□量证明□其决策是明智的：在最开□的六个月内□Nagel 公司就已交□了数十台刹车盘量产设备。

□车厂家与零部件供应商正□极准备着全面切换到欧 7 标准。首款搭载□质涂层刹车盘的车型预计将于 2025 年底上路：大规模的装车测试已在紧锣密鼓地进行当中。Lott □士对这一业绩颇感自豪，但他也只是稍作表扬便转向更为□肃的话题□"□重□的是，我们的设备有助于减少□细粉尘排放，保护人们免□健康危害。我对此倍感□慰。"

欧 7 标准刹车盘的三步制造工艺

 首先由机械□抓取表面未经处理的铸铁刹车盘，将其送入涂层室。
  □后由□光金属熔覆机床在其表面施加一层超硬碳化物涂层。在此过程中，激光加热与光束成形技术会最大□度□提升粉末利用率□
  □后便由磨床对刹车盘进行交叉打磨，使其获得最终的表面结构和几何形状。至此便制□完□。 □□□处□□详细了解如何利用激光金□熔覆技术□造符合欧 7 标准的刹车盘。

GABRIEL PANKOW

激光技术事业部发言人