

刚柔并济 随力应变

刮板结构柔性化再设计案例分享

安世亚太与苏氏集团结为战略联盟，提出工业再设计，开启了对传统工业品设计过程和工艺过程进行优化、完善与升级。利用精密铸造和工程仿真的优势，通过材料的重新布局 and 选择，形成工业品结构上的创新，实现结构力学与材料力学的最优化组合，使产品具有等强度、等刚性、刚柔并济、随力应变等特性，对当前产品的性能、可靠性、成本、体积、能耗等产生跨量级的正面影响。

本文以刮板结构再设计为例，诠释传统工业品再设计发生、实现的过程，以及如何结合精密铸造和工程仿真技术的优势，实现工业品设计的“刚柔并济”“随需而动”，从而使得工业品获得更加卓越的性能。

项目背景

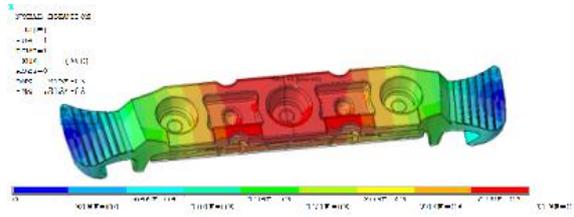
刮板是井下采煤刮板运输机的主要部件，是影响运输机使用性能的关键环节。煤炭井下运输中，在链条的拉动下，刮板在两侧的轨道中滑动，进而实现对煤炭的输送。由于实际工作中，轨道往往无法保证平直，加之煤炭等的对滑动的影响，因此刮板与轨道间存在一定程度的卡涩现象，加大传动功率往往容易造成链条的破坏。掉链、跳链故障严重影响了采煤生产的正常进行。而导致刮板故障频发的根本原因，在于刮板结构刚性过大，卡涩时不能合理退让。改变现有的刮板结构，使其更加柔性化，达到“刚柔并济”，在以前很大程度上受制于工艺的限制，但是现在苏氏精密铸造工艺“无论多复杂都能制造”的优势，提供了解决问题的重要契机。因此，满足用户需求，提出对传统刮板机进行再设计改造。

解决方案

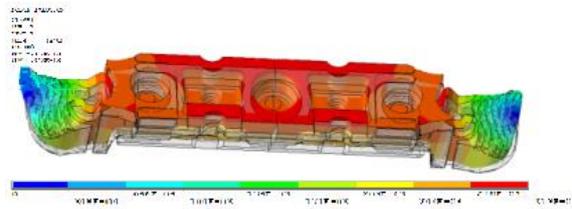
基于苏氏精密铸造工艺，提出刮板结构再设计方案：改变原整体刚性刮板结构，采用仿真及拓扑优化技术，发明了中部槽结构、及穿越式弹性结构件的专利设计，在载荷作用下产生弹性变形，提供对卡涩的合理避让，从根本上解决断链问题。穿越式弹性结构打破了传统刚性刮板结构的设计规范和标准，需要通过仿真优化手段，对该创新设计进行全面的刚度、强度及变形等仿真分析，实现快速验证、迭代优化。

（一）传统刮板与弹性刮板对比分析

分析弹性刮板力学性能及退让功能，对原整体刮板与弹性刮板进行了对比分析。仿真结果验证：传统刮板中部挠度明显大于两端，刚度过大，卡涩时不能合理退让；防阻滞弹性刮板在运行中遇卡涩后，可在弹性范围内产生有效变形，刮板能顺利通过卡滞点继续工作。



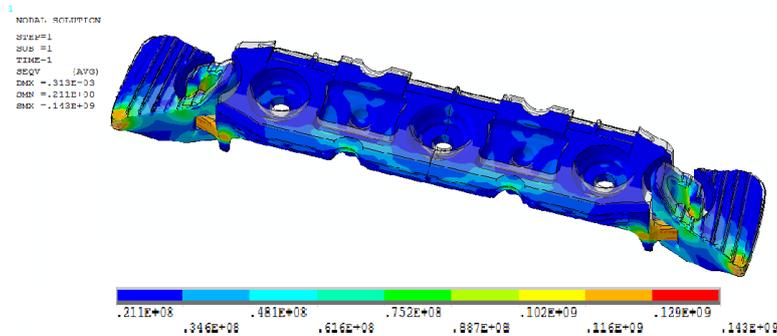
传统刮板位移云图



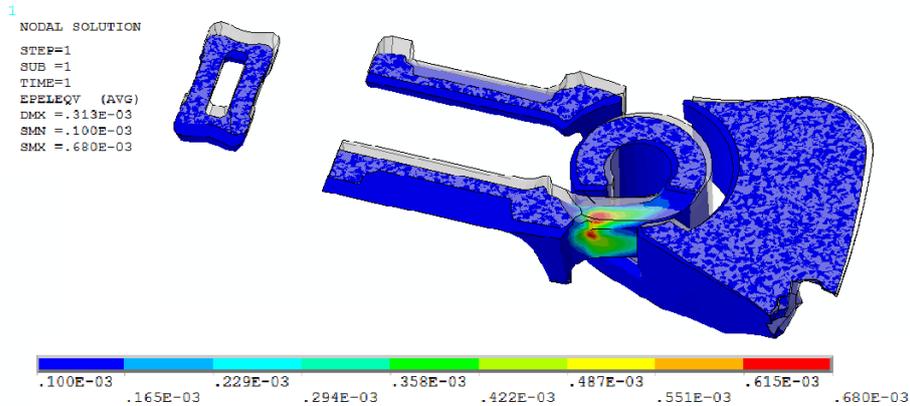
弹性刮板位移云图

(二) 弹性刮板结构仿真分析

通过采用有限元分析法,对弹性刮板结构进行了刚度、强度等全面仿真分析与方案对比。基于仿真计算结果,对弹性刮板结构强度、厚度、高度、结构直径等要素进行设计调整,实现结构合理受力分配,达到“刚柔并济”“随力应变”的效果。新的弹性刮板结构在性能、结构刚度、承载能力、变形能力等方面皆高于传统刮板结构,并且能实现减重 33%。



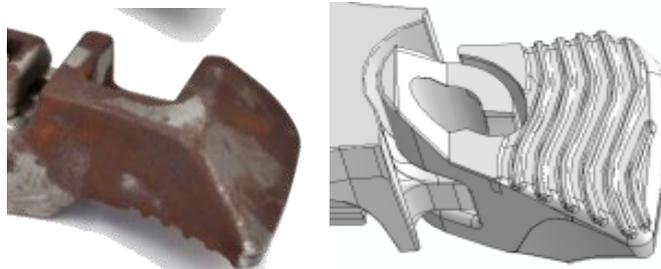
极限时刻应力 (MPa)



极限时刻等效应变

(三) 工艺试验

穿越式弹性结构集结构足够刚性与足够可控的弹性变形于一体，传统工艺难度大,加工成本高，目前在技术上和经济上均可行的成型工艺是苏氏溶模精密铸造，已进行了多品种类型的原理样件工艺试制，证明工艺可行、减重明显、结构可靠，能达到设计要求。



原刚性结构

穿越式结构

客户价值

采用效法自然的穿越式结构，辅以减厚加筋处理，并采用苏氏精密铸造技术整体成型，在不降低性能指标的前提下，每个刮板重量减少 33% (13.2Kg)，每辆运输机至少 200 个刮板，能减少 2.6 吨重量。

一体化制造优势，省略了焊接环节及其他各种连接模式，提高了装备的整体可靠性，并极大地减少了污染。并且，整体结构有精确的近净形尺寸精度与形位公差，减少了后续的机械加工甚至免加工，可实现使用过程中的高效率替换和维修。

穿越弹性结构采用刚柔并济、自调节伸缩设计思想，实现了结构合理受力分配，减少刮



板机在卡滞下的机械损耗，改变其他受力构件的受力分配，并使其他结构均能有条件开展大幅减重再设计，从而为整个刮板机的再设计打开了一扇巨大的窗户。

带格式的：左