

# 电阻焊专用软件-SORPAS-在汽车行业的应用

马闯

上海信聚信息技术有限公司

TEL:139 1797 8272 E-mail: [cma@infomass.cn](mailto:cma@infomass.cn)

摘要：电阻焊作为一种有 100 多年的传统焊接工艺，广泛的用在汽车行业，但是其有太多的因素影响到其不稳定性，特别是新材料，三层、四层板的焊接要求的提成，传统的方法需要做大量的切片试验，生产效率低、时间周期长、生产不稳定。SORPAS 软件作为一款专用的电阻焊分析软件，可以预先进行快速的模拟仿真，并自动优化焊接工艺参数，大大的提升了传统的焊接测试需要的时间和焊接质量。同时 SORPAS 软件的操作也是非常的简单。

电阻焊接工艺目前遇到的问题：

A. 在欧洲一个新车大约有 4000 个焊点，这 4000 个焊点可以分为 500-1000 种焊接工况，其中 200-300 工况和上一个车型是一样的，剩下 200-300 是全新的焊接工况。因为更改了材料的厚度、组合顺序、种类、强度、涂层等中的任何一个或者几个参数，其焊接工艺都不相同，需要重新要做实验，确保焊接质量。而对每一种焊点（焊接组合）而言，大概需要 100 次到 500 次的焊接切片实验，才能真正的得到其稳定的焊接性能。这样导致新车型焊接测试繁琐，时间周期长。

B. 现有的焊接工艺参数表，代表的是过去的经验，同时它仅仅代表的是一种可焊接性能，而焊点的可焊性应该是一个范围，焊接工艺表不能看出焊接范围的大小，也不能看出此参数在在范围中所处的位置，无法保障焊接的稳定性，对新材料的焊接工艺制定也不能直接指导。

B. 欧洲某汽车公司在没有选用 SORPAS 软件之前，整车需要 6 个月的时间的现场实验测试（此时间仅仅只是从下达了生产计划到工厂开始，不含原始的材料的选择、测试）。选用了 SORPAS 调试的时间减少到 1 个月，时间缩短了 80%

C. 欧洲某汽车公司在一个门的开发的焊点测试实验在没有选用SOPAS之前需要40-50万欧元，采用了 SOPAS 之后降 1 到 5 万欧元以内，成本减少了 80%。

D. 欧洲和日本要求每个焊点都是一个好焊点，那么可以从原来 8000 个焊点减少到 3000-5000 焊点。或者加一些焊点，使其达到安全性能。如何确保每个焊点是一个好的焊点？如果使得焊接工艺的的稳定？

E. 现在为了减重、增加汽车的安全性，材料大量的热成型板材，但是热成型板材的冷却脆性的产生，使得往往在碰撞的时候焊点的地方首先撕裂（往往这些焊点肉眼看过去是没有问题的，但是焊接冷却脆性的产生使得其首先破坏。）

F. 在预研发部门，先期研发部门，往往不能提前知道不同板材焊接在一起，其可能提供的剪切应力，拉伸应力，屈服应变是多少，使得新的研究往往停滞不前。

**SORPAS 软件可以解决以上问题**

SORPAS 是英文字母 **S**imulation and **O**ptimization of **R**esistance **P**rojection And **S**pot welding processes 的缩写，自 1988 年开始做专门的电阻焊工程问题的分析研究，它在丹麦和欧洲政府的资助以及欧洲汽车公司的支持下，经过近 10 年的研究后，于 1999 年成立了专门公司，在 2000 年发

布第一版商业版本，到目前为止最新的版本是 SORPAS 10.1. 目前欧洲、日本、美国所有的主机厂都是 SORPAS 的用户，详细用户列表可以见：

<http://www.swantec.com/customers.php>。

原理介绍：

点焊时产生的热量公式：

$$Q=I^2RT(J)$$

式中：

Q---产生的热量(J) I---焊接电流(A)

R---电阻(Ω) T---焊接时间(S)

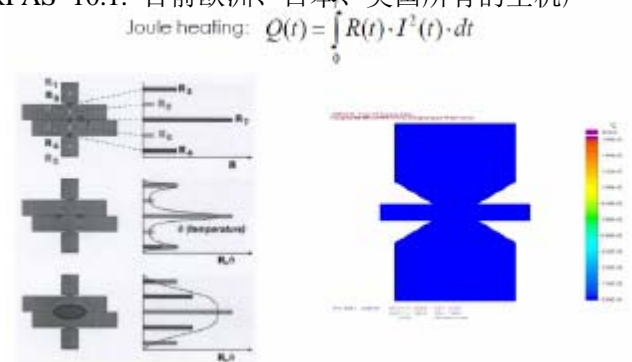


图 1. 电阻焊电阻分布以及热量分布图

电极间的电阻包括 3 种,即:工件本身电阻  $R_5$ ,两工件间接触电阻  $R_7$ ,电极与工件间接触电阻  $R_3$  和  $R_4$  (如图 1 所示)。在电阻焊开始时,三种电阻之间的大小关系为  $R_7 > R_3 > R_5$ ,因此工件和工件之间首先产生热量,并熔化,在电极的压力下熔合形成了我们的电阻焊工艺。

电阻焊是一个非常复杂的工艺,就工件本身而言它涉及到工件的材料成分、力学性能,热性能等,工件和材料的本身特性又会随着温度变化而变化,焊接时的压力,电流,时间都会对焊接产生影响;焊接机器采用是直流电,还是交流点,电感,导通角等,在焊接过程中材料变软 电极要移动,摩擦,惯性,接触不良等对电阻焊的影响也是非常大的。在焊接过程中需要多少热量是固定的,但是时间如何确定?,动态性如何克服?最后的稳定性如何保障?



图 2.影响电阻焊性能的参数

SORPAS软件将所有影响电阻焊分析性能的100多种因素归纳为四大模型:电模型、热模型、机械模型,材料模型,通过有限元的方法来进行数值模型的计算,并结合了大量的实验验证和修订,已经发展为一套非常成熟的商业软件。

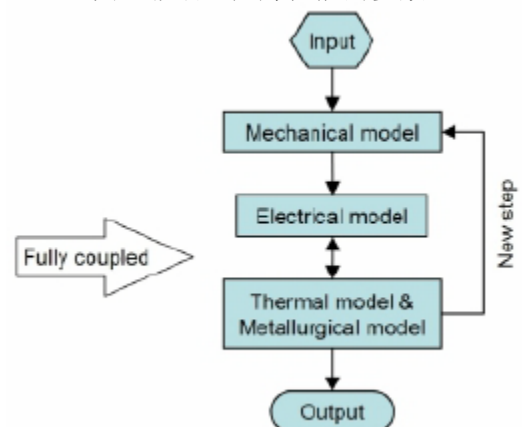
### SORPAS 的使用介绍

SORPAS 的使用非常的简单,主要有两种使用设置方法:向导式设定和 WTD 自动优化设定。

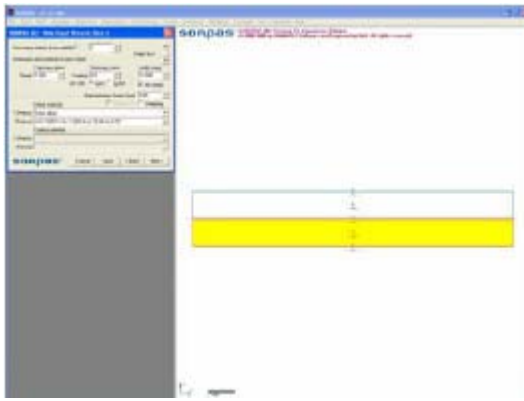
#### 1. 向导式设定方法如下:

A. 设定材料参数,用户只需要设定选用的材料数量以及每块材料的厚度,板材之间的间隙,涂层的厚度,然后从数据库中选择每种材料对应的牌号,以及涂层对应的牌号后,选择下一步

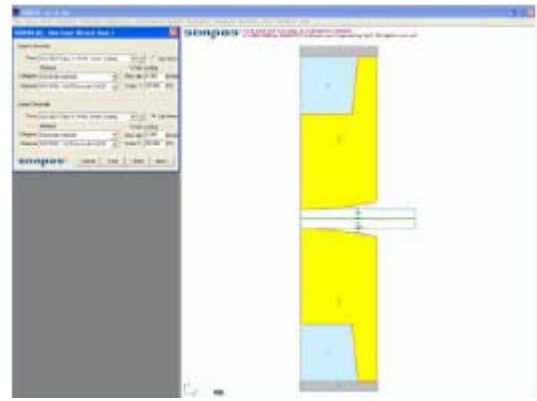
B. 进入到电极选择界面,从电极库中选择对应的电极,点击下一步。



图三.SORPAS 的数值模型



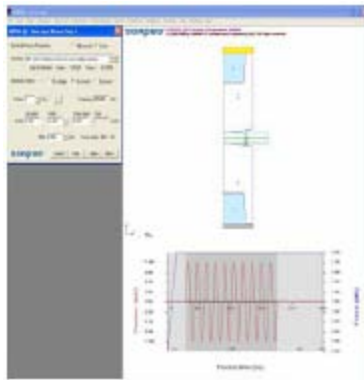
图四.设定材料参数（可直接从数据库中选）



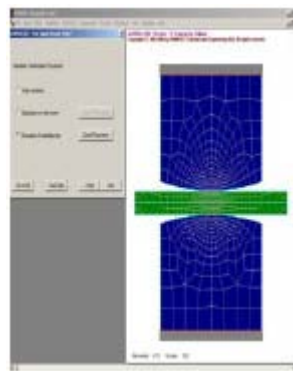
图五.从电极标准库中选择电极

C. 设定初始的电流，压力，和焊接时间等参数，点击下一步。

D. 若用户不设定任何参数，SORPAS 就会计算出当前工况下的焊接结果，若用户设定模拟的范围，如电流从 5KA 到 15KA，时间从 10 个周波到 50 个周波，这样软件就能够按照用户设定的范围，自动的模拟焊接窗口。



图六.设定初始



图七.设定模拟范围

## 2. WTD 自动优化设定

利用 SORPAS 的最新的 WTD（焊接计划功能）用户只需要设定选用的板材数量、每块板材的厚度并从材料库中选择对应的材料、电极、电机，SORPAS 软件就能够自动的计算并优化出最佳的工艺参数，如：焊接压力，电流大小，需要的脉冲数量，每个脉冲的周波数量，间隙时间，保压时间，最终的焊点尺寸，焊点能承受的抗剪切力，抗拉力，屈服强度等，同时模拟出最终焊点的金相组织分布等。

利用 WTD 功能，用户也可以给定一些预先条件限定，如：电极压力，允许使用的脉冲数量，交流或直流电，SORPAS 软件会自动在这些条件限定下模拟出最优的焊接参数。

图八.WTD 自动模拟优化

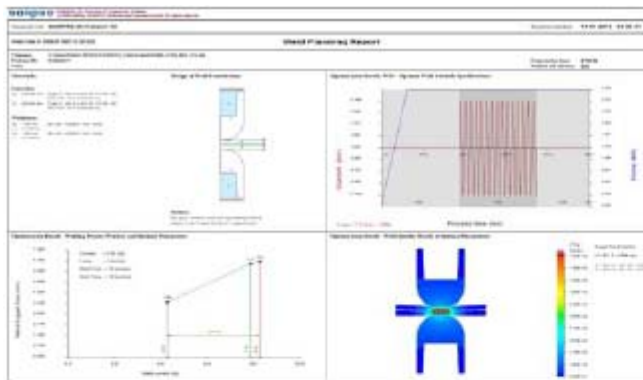
特别要指出的是：经过了几十年的发展，SORPAS 已经建立了完整的材料数据库，电极数据库，

焊接数据库，对于国内的新客户， SORPAS 会和用户沟通，协助其建立完整的客户专有材料数据库。

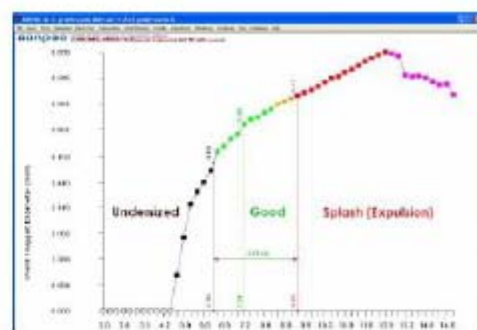
### SORPAS 计算输出物介绍

SORPAS 可以自动的生成分析报告，报告涵盖了初试的焊接条件，进行焊接需要的电流，压力，时间等，模拟后的焊接过焊点尺寸，抗剪、拉力。

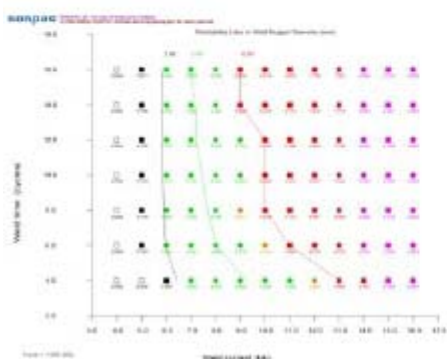
利用 SORPAS 也可以查看整个模拟焊接过程中焊点的形成、稳定的分布、压力、电流、消耗能量分布等。如图九所示是一个典型的焊接报告。



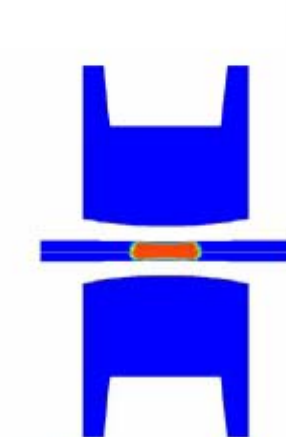
图九.典型的自动报告



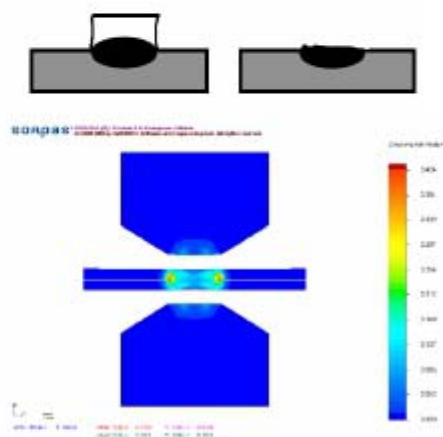
图十.焊点增长曲线



图十一.同等压力下焊点和时间的变



图十二.焊后硬度的分布



图十三.焊点破裂

### 总结

现在利用 SORPAS 软件计算一种焊接工况只需要 10-20 分钟的时间，自动优化一种焊接工况只需要 1-3 个小时，对焊接工程师只需要 1-2 天的培训，就能熟练掌握 SORPAS 的应用。

经过多年的发展其计算精度已经非常高，普通的计算精度能达到 90%。采用 SORPAS 软件进行新车型的研发，必然会大大的提升效率，减低成本，也会对传统的焊接工艺产生质的提升。

参考文献参考：欧洲 SWANTEC Software and Engineering ApS (<http://www.swantec.com>) 公司内部资料