

# 高耐温分散染料专用增溶助剂的制备及助染机制

朱炜 陈玉良<sup>(通讯作者)</sup> 王海丰

浙江龙盛集团股份有限公司 312368

DOI:10.32629/ems.v8i6.20574

**[摘要]** 分散染料作为聚酯纤维染色的核心着色剂,其在高温染浴中的分散稳定性与溶解性能直接关系染色均匀度、色牢度及织物外观质量。在高温高压染色工况、染料结构疏水性强、染液体系电解质干扰等多重因素叠加作用下,分散染料易出现凝聚、析出、焦油化等问题,成为聚酯染色领域普遍存在的技术难点。本文系统梳理高耐温分散染料专用增溶助剂的核心制备影响因素,明确助剂结构与性能的关联规律及助染作用机制,从原料优选配比、合成工艺调控、结构表征测试、应用性能验证等维度,提出针对性的助剂制备方案与作用机理阐释,为提升高耐温分散染料应用性能、优化聚酯纤维高温染色工艺提供理论依据与工程实践参考。

**[关键词]** 高耐温分散染料; 增溶助剂; 制备工艺; 结构表征; 助染机制; 高温染色

聚酯纤维轻量化、高强度、易护理等优势推动其在纺织服装产业广泛应用,高温高压染色成为聚酯纤维主流加工工艺,染色温度逐步提升至130℃以上,所面临的染液体系稳定性要求愈发严苛。分散染料分子结构疏水性强,在高温染浴中易发生晶体聚集、颗粒长大、析出沾附织物,导致色花、色点、牢度下降等染色缺陷。增溶助剂可有效改善染料在高温染浴中的分散性、溶解性与迁移性,提升上染速率与匀染效果,降低染色疵点率。当前,高耐温型分散染料专用增溶助剂的研发与机制解析已成为纺织印染领域的关键技术课题。基于此,本文结合实验研究与应用实践,对高耐温分散染料专用增溶助剂的制备工艺进行系统性剖析,阐述助剂的分子结构设计、合成要点、耐温性能调控及助染作用原理,构建全流程助剂研发与应用技术体系,为同类功能性印染助剂开发提供可借鉴的技术路径。

## 一、高耐温分散染料增溶助剂制备的核心影响因素

### (一) 原料结构与配比的先天制约

高耐温增溶助剂多由阴离子表面活性剂、非离子表面活性剂、高分子分散剂及耐温稳定剂复配或共聚而成,不同单体的亲水亲油平衡值(HLB)、耐温性、与染料相容性存在显著差异。部分原料在130℃高温下易水解、氧化或失去表面活性,无法维持染液稳定。同时,染料分子中取代基类型、共轭体系长度不同,对助剂结构匹配度要求各异。此外,原料提纯不充分、杂质含量过高,会导致助剂合成转化率低、

耐温性能不足,为后续高温染色应用埋下先天隐患。

### (二) 分子结构设计的适配性不足

分子结构设计是增溶助剂耐温性与助染性能的核心环节,结构合理性直接决定助剂高温服役效果。部分助剂存在亲水链段过长/过短、耐温基团缺失、空间位阻结构不合理等问题。苯环结构、磺酸盐基团、聚醚链段等关键结构单元,是提升耐温性与分散性的核心位点,若未采用嵌段、接枝等针对性分子设计,未构建双电层与空间位阻双重稳定体系,易导致染料高温凝聚。同时,设计阶段对高温水解、电解质干扰、染料晶体生长等因素考虑不足,未引入耐高温保护基团,导致助剂在高温染浴中快速失效。此外,助剂结构与分散染料晶型、粒径分布不匹配,未结合染色工况选择适配的分子架构,也会降低增溶助染效果。

### (三) 合成过程工艺管控缺失

合成工艺是助剂性能落地的关键,反应条件不规范是引发助剂耐温性差、分散效果不足的主要后天因素。聚合反应过程中,若出现温度波动大、搅拌速率不均、滴加速度失控等问题,会导致分子量分布过宽、支化度异常,形成低分子杂质与高聚合物凝胶,成为染液不稳定诱因。单体配比偏差、反应时间不足、中和工艺不合理,会导致助剂亲水亲油平衡失衡,高温下失去分散增溶能力。表面活性剂复配时,加料顺序错误、剪切分散不充分、相容性调控不到位,均会造成助剂分层、沉淀、耐温性衰减。此外,除杂不彻底、pH调节

不当、干燥工艺偏差等,也会加剧助剂高温应用失效风险。

#### (四) 助剂组分性能衰减与耐温性不足

助剂组分的性能稳定性直接影响高温染浴的服役寿命。部分助剂使用的表面活性剂、分散剂、稳定剂等原料,存在质量不达标、耐温性不符合染色要求等问题,耐水解性、抗氧化性、耐电解质性不足。在130℃高温、高压、碱性/弱酸性染浴等长期作用下,组分易出现分解、断链、失活等现象,增溶分散功能逐步失效。同时,原料储存、运输过程中未采取避光、防潮、控温措施,导致组分性能受损,合成后无法达到预期高耐温效果。

### 二、高耐温分散染料增溶助剂的类型与应用影响

#### (一) 助剂的典型性能类型

高耐温分散染料增溶助剂依据作用机制与结构类型,可分为分散型、增溶型、稳定型、多功能复配型四大类。分散型助剂以静电排斥为核心,主要作用于染料颗粒表面,降低界面张力,阻止颗粒聚集,适用于低浓度染料染色。增溶型助剂以胶束增溶为核心,可将染料分子包裹于胶束内部,提升染料表观溶解度,适用于高浓度深色染色。稳定型助剂以空间位阻为核心,在高温下维持染料颗粒粒径均匀,防止晶体长大与析出,是高耐温助剂的核心类型。多功能复配型助剂兼具分散、增溶、匀染、缓染功能,适配多种分散染料与染色工艺,应用范围最广。

#### (二) 助剂性能不足的多重应用影响

助剂耐温性不足会导致高温染浴中染料快速凝聚、析出,形成色点、色渍、焦油斑,降低织物染色均匀度与表观质量。助剂增溶能力不足会使染料上染速率慢、透染性差,导致色差、环染等问题,增加染色返工率。分散稳定性不足会使染料沾附染缸、循环管路,增加清洗成本与缸体损耗。长期使用低性能助剂会导致织物摩擦牢度、水洗牢度、升华牢度下降,影响成品品质。严重的性能缺陷会破坏染色工艺稳定性,增加能耗与助剂消耗,降低生产效率,需投入大量成本优化工艺与更换助剂。

### 三、高耐温增溶助剂性能精准表征技术

#### (一) 表观性能测试与初步判定

采用高温染色模拟实验、粒径检测、离心稳定性检测等方式,对助剂在高温染浴中的分散状态、染料粒径变化、析

出现象进行全方位的检查,记录助剂耐温等级、分散指数、增溶容量等基本参数。根据染料种类、染色工艺参数,分析助剂性能和染料结构、染色温度的关系,初步确定助剂的适配性。对染液沉降、凝聚、分层区域进行标记,用透光率测试、浊度测试等方法区分高温稳定和高温失活体系,为结构表征提供方向。

#### (二) 仪器表征技术应用

使用红外光谱仪(FTIR)、核磁共振波谱仪(NMR)、凝胶渗透色谱仪(GPC)、热重分析仪(TGA)等表征设备,对助剂分子结构和热稳定性进行探测。FTIR可以识别助剂的官能团类型和化学键结构,NMR可以准确地解析出分子链段的组成和连接方式,GPC可以测定分子量和分布均匀性,TGA可以确定助剂的热分解温度,评价高温稳定性。仪器表征不会破坏助剂的结构,可以得到分子结构的信息,提高助剂性能判定的准确性。

#### (三) 模拟染色与应用性能测试

对疑难助剂配方用高温高压染色模拟仪得到助剂在不同温度、时间、电解质浓度下染液稳定性、上染率、匀染性等参数。通过粒径跟踪测试、染料溶解度测试、耐温性循环测试来测定助剂的高温耐受度、分散持久性、增溶效率等应用参数,确定助剂作用阈值和最佳工艺区间。根据染色织物色牢度、表观等级测试结果,对助剂性能好坏做出综合判定,给合成工艺改进和配方调整提供准确的数据支持。

### 四、高耐温分散染料增溶助剂制备核心技术应用

#### (一) 耐温型高分子分散剂制备技术

针对高温易凝聚型分散染料,采用自由基聚合制备工艺。选用苯乙烯磺酸钠、马来酸酐、聚醚单体等高性能原料,通过溶液聚合、乳液聚合等方式,合成含芳香环、磺酸盐、聚醚链段的高分子分散剂。聚合前需对单体进行提纯、除氧,设置精准投料比,控制反应温度、搅拌速率与保温时间,确保分子量分布均匀。对于高耐温需求产品,可引入有机硅、氟单体进行改性,提升助剂热稳定性与界面活性,形成完整的高温稳定体系。

#### (二) 复配型高增溶助剂制备技术

复配型增溶助剂采用“非离子+阴离子+耐温稳定剂”三元复配工艺。先优选高浊点非离子表面活性剂与耐温型阴离

子表面活性剂,按最佳HLB值进行预混,采用高速剪切分散使其充分互溶。再加入耐温抗氧化剂、金属离子螯合剂,去除染液中干扰杂质,抑制助剂高温降解。复配过程精准控制pH值、固含量与搅拌强度,确保助剂均一、透明、无沉淀,在130℃~135℃高温下仍保持优异增溶能力。同时,添加少量匀染组分,实现分散、增溶、匀染一体化。

### (三) 专用型低泡增溶助剂制备技术

针对高温染色易起泡问题,采用嵌段聚醚与疏水改性技术。先以环氧乙烷、环氧丙烷为原料,通过阴离子开环聚合合成嵌段聚醚,控制EO/PO比例实现低泡特性。再对聚醚端基进行酯化、磺化改性,引入耐温亲水基团,提升分散增溶性能。合成后采用减压脱挥工艺去除低分子挥发物,降低助剂起泡性。助剂应用时可快速降低染液表面张力,抑制泡沫生成,同时保障染料高温分散稳定,适配溢流染色、喷射染色等工艺。

### (四) 环保型高耐温增溶助剂制备技术

环保型助剂采用“无磷、无APEO、生物降解性好”的绿色合成方案。先对原料进行环保筛选,剔除烷基酚聚氧乙烯醚、磷酸盐等受限组分,选用脂肪醇聚氧乙烯醚、天然脂肪酸衍生物等绿色原料。合成过程采用水相反应体系,减少有机溶剂使用,降低VOCs排放。制备完成后采用膜分离技术提纯,去除残留单体与无机盐,提升助剂环保性与高温稳定性。对于高要求染色场景,可添加生物酶制剂辅助分散,实现绿色环保与高耐温双重目标。

## 五、增溶助剂制备工程质量管控要点

### (一) 制备前期准备管控

助剂合成前,需全面复核原料性能指标,制定专项制备方案,明确原料配比、反应参数、合成流程与质量标准。对实验与生产人员进行技术交底,确保掌握工艺要点。表面活性剂、单体、助剂等原料进场前,需进行纯度、耐温性、相容性检测,核验产品合格证、性能检测报告,确保原料符合规范要求。同时,做好反应设备清洗、控温系统校验、氮气保护、安全防护等准备工作,为合成创造良好条件。

### (二) 制备过程质量控制

严格按照制备方案与工艺标准实施作业,控制原料投料、

温度调控、搅拌速率、反应时间等关键环节。聚合反应需精准控制升温速率、单体滴加速度与保温时长,确保分子量与结构达标;复配工艺需保证加料顺序正确、剪切分散充分、体系均一稳定;中和与提纯工艺需确保pH精准、除杂彻底。制备过程中做好质量检查记录,对中间产物进行取样检测,合格后方可进入下一道工序。

### (三) 成品保护与验收管控

助剂制备完成后,采取密封、避光、控温储存措施,避免助剂受到污染、氧化、水解。根据规范要求进行静置熟化,确保组分充分稳定、性能达标。熟化完成后,进行性能验收,采用耐温测试、分散性测试、增溶能力测试、模拟染色测试等方式,检验助剂应用效果。验收合格后方可包装出厂,确保助剂质量满足高温染色应用要求。

## 六、结论

高耐温分散染料专用增溶助剂性能是多因素耦合作用的功能性产品,其制备涵盖原料、结构设计、合成工艺、质量管控、应用运维等全生命周期环节,助剂类型多样、性能要求严苛,直接影响聚酯纤维高温染色质量与织物成品品质。通过精准表征助剂结构与性能、选用适配的制备工艺、严格管控合成质量、构建长效应用管控体系,可有效提升助剂高温耐受力、分散增溶效果与染色适配性,优化印染工艺稳定性与产品合格率。在纺织助剂研发与印染生产过程中,需强化全生命周期绿色高性能理念,从原料、设计、合成、管控、应用等环节全面把控助剂质量,从源头提升高耐温分散染料应用水平,为纺织印染行业的绿色、高效、高质量发展提供坚实保障。

### [参考文献]

- [1]张京彬,陈时阳,岳文丽,等.高耐水洗牢度分散染料染色稳定性工艺优化[J].针织工业,2025,(05):44-48.
- [2]王小艳,马子婷,许长海.基于高耐碱高耐氧漂分散染料的涤盖棉织物漂染一浴加工工艺[J].纺织学报,2023,44(05):38-45.

作者简介:朱炜,男,出生年月:19881201,籍贯:浙江省绍兴市,汉族,研究方向:化工,职称:中级工程师,学历:硕士。